

OPTIMASI WAKTU DAN TEMPERATUR PROSES *ELECTROPLATING* BAJA KARBON RENDAH TERHADAP KETAHANAN KOROSI

M. Nafis Yazdad¹, Nur Robbi², Mochammad Basjir³

Jurusan Teknik Mesin¹²³

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang¹²³

Jl. MT. Haryono 193 Malang, Jawa Timur 65144

E-mail : mnafisydd@gmail.com¹, nurrobi@unisma.ac.id², m.basjir@unisma.ac.id³

ABSTRAK

Pekembangan IPTEK yang sangat pesat memberikan dampak terhadap penggunaan benda logam seperti perhiasan, suku cadang kendaraan dan lain-lain, dimana logam tersebut memiliki korosi sesuai spesifikasi logam tersebut. Diperlukannya perlakuan khusus agar logam tersebut terhindar dari korosi salah satunya dengan proses elektroplating. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter dan hasil yang optimal sesuai spesifikasi dari proses elektroplating pelapisan nikel terhadap ketahanan dari laju korosi baja karbon rendah ST 41 menggunakan metode optimasi Taguchi dengan variasi level dari parameter temperatur elektrolit 30°C, 35°C dan 40°C, sedangkan variasi level parameter waktu pencelupan 45 menit, 90 menit dan 135 menit. Media perendaman laju korosi menggunakan air laut murni selama waktu pengkorosian 168 jam, 336 jam, 504 jam dan 720 jam. Dari hasil penelitian nilai laju korosi terkecil pada waktu 168 jam menghasilkan laju korosi sebesar 0,00023 mpy dengan kehilangan berat sebesar 0,003 gr dan laju korosi terbesar terletak pada waktu 720 jam menghasilkan laju korosi sebesar 0,00187 mpy dengan kehilangan berat sebesar 0,116 gr menggunakan parameter optimal pada temperatur elektrolit 40°C dan waktu pencelupan 135 menit dengan nilai SNR yang dihasilkan lebih tinggi. Semakin tingginya temperatur elektrolit dan lama waktu pencelupan maka akan mendapatkan kuantitas lapisan yang baik. Hal ini disebabkan adanya kenaikan konduktivitas pada larutan elektrolit dan mengalirnya laju difusi *ion* secara terus menerus sesuai dengan waktu pelapisan yang digunakan.

Kata Kunci : *Laju Korosi, Elektroplating, Nikel, Temperatur Elektrolit, Waktu Pencelupan, Metode Taguchi, Baja ST 41.*

ABSTRACT

The rapid development of science and technology has an impact on the use of metal objects such as jewelry, vehicle parts, and others where the metal has corrosion according to the specifications of the metal. Special treatment is needed to protect the metal from corrosion, one of which is the electroplating process. This study aims to obtain optimal parameters and results according to the specifications of the nickel plating electroplating process against the corrosion rate of low carbon steel ST 41 using the Taguchi optimization method with variations in the electrolyte temperature parameter levels 30°C, 35°C and 40°C. In contrast, the immersion time parameter level variation is 45 minutes, 90 minutes, and 135 minutes. Corrosion rate immersion media using pure seawater for corrosion time of 168 hours, 336 hours, 504 hours, and 720 hours. From the research results, the lowest corrosion rate at 168 hours resulted in a 0.00023 mpy with a weight loss of 0.003 gr. The tremendous corrosion rate at 720 hours resulted in a corrosion rate of 0.00187 mpy with a weight loss of 0.116 gr using the parameter optimal at 40°C electrolyte temperature and immersion time of 135 minutes with a higher SNR value. The higher the electrolyte temperature and the longer the immersion time, the better the coating quantity will be. This is due to an increase in the conductivity of the electrolyte solution and the continuous flow of the ion diffusion rate according to the coating time used.

Key Word : *Corrosion Rate, Electroplating, Nickel, Electrolyte Temperature, Immersion Time, Taguchi Method, ST 41 Steel.*

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan serta keinginan masyarakat akan penggunaan produk-produk yang terbuat dari bahan logam yang dibuat melalui proses perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) sangat dipengaruhi oleh perkembangan teknologi yang sangat pesat dan canggih di era *modern* saat ini, khususnya dalam dunia industri, konstruksi, dan manufaktur. [1].

Dalam penggunaan benda logam, khususnya di sektor industri, seperti perhiasan, kerajinan tangan, peralatan manufaktur dan konstruksi, dan sebagainya. Logam tersebut memiliki kelemahan terhadap faktor luar atau gangguan lingkungan, salah satunya adalah korosi (berkarat), karena penggunaan dari masyarakat yang besar terhadap barang tersebut, manusia berusaha untuk terus mengembangkan teknologi yang ada dengan tujuan memperbaiki kualitas logam tersebut [2].

Akibat gangguan dari unsur luar seperti korosi, diperlukan perlakuan khusus pada akhir proses *finishing* logam untuk mendapatkan hasil yang optimal, berkualitas, menarik (estetis), dan tahan lama [3].

Ketika zat (senyawa) yang berbeda di lingkungan digabungkan dengan bahan logam, reaksi kimia (*redoks*) yang disebut korosi atau karat terjadi akan menghasilkan senyawa yang tidak diinginkan dan menurunkan kualitas bahan logam [4].

Pada saat logam bersentuhan langsung dengan air atau udara (oksigen), proses korosi dimulai. Korosi menyebabkan logam berpori

atau bahkan sampai terkikis, yang mengurangi kekuatan logam (sifat mekanis) [5].

Baja karbon rendah (*mild steel*) mengandung 0,008 % hingga 0,3 % karbon. Kendaraan, lambung kapal, dan konstruksi lainnya sering menggunakan baja karbon rendah sebagai bahan utama. Baja karbon rendah memiliki kualitas mekanik yang kuat seperti ketangguhan dan keuletan, tetapi kurang tahan terhadap korosi dan keausan logam [6].

Dengan menggunakan proses elektrolisis untuk menyimpan *ion* logam pada logam dasar (katoda). *Electroplating* adalah proses pelepasan *ion* logam terlarut dalam elektrolit dari permukaan anoda dan memindahkannya ke katoda (benda uji). Baja yang telah dilapisi logam pelapis (anoda) akan membentuk sel elektrokimia dengan logam terlapisi berfungsi sebagai katoda, melindungi baja sedangkan logam pelapis (anoda) akan teroksidasi (menyusut) dan habis [7].

Pelapisan krom digunakan pada proses elektroplating pada baja karbon rendah AISI 1020, dengan waktu perendaman 9, 12, dan 15 menit dan suhu 25°C, 30°C, dan 35°C. Laju korosi 0,0036 *mmpy* menunjukkan bahwa ketahanan korosi akan meningkat seiring dengan suhu dan waktu perendaman [8].

Pelapisan tembaga digunakan pada proses elektroplating pada baja karbon rendah, dengan waktu perendaman 10 menit, 20 menit, dan 30 menit, dan suhu 45°C, 55°C, dan 65°C. Membuat berbagai pelapis, menyimpulkan bahwa semakin lama waktu perendaman dan semakin tinggi suhu, semakin

rendah laju korosi baja dengan peningkatan ketahanan korosi [9].

Dr. Genichi Taguchi mengembangkan metode Taguchi pada tahun 1949 saat mengerjakan proyek untuk memulihkan sistem telekomunikasi yang rusak di negara Jepang. Manfaat dari metode Taguchi ini adalah membantu para *engineer* maupun peneliti meningkatkan kualitas produk sekaligus meminimalkan biaya perbaikan (ekonomis dan terjangkau) atau meminimal *input* dan memaksimalkan *output* [10]. Metode Taguchi pada penelitian ini digunakan untuk mengoptimasikan parameter temperatur elektrolit dan waktu pencelupan proses *electroplating* menggunakan lapisan *nickel* untuk meminimalisir terjadinya laju korosi terbesar dengan hasil minimum laju korosi dan SN Rasio yang paling berpengaruh (*smaller the better*).

Pada penelitian ini masih perlu dilakukan pengujian lebih lanjut mengenai variasi temperatur elektrolit dan waktu pencelupan pada proses pelapisan elektroplating terhadap ketahanan dari laju korosi agar diperoleh parameter dan hasil yang optimal sesuai dengan spesifikasi. Hal ini didasarkan pada latar belakang yang dijelaskan di atas dan beberapa hasil dari penelitian sebelumnya dengan logam uji baja karbon rendah ST 41 berbentuk plat.

II. METODELOGI PENELITIAN.

Metode yang digunakan adalah metode optimasi DoE Taguchi dengan melakukan eksperimen secara langsung untuk mengoptimasikan parameter-parameter temperatur dan waktu

pencelupan pada proses pelapisan logam (*electroplating*) dengan tujuan mendapatkan parameter dan hasil yang optimal sesuai spesifikasi.

Prosedur penelitian didalam metode taguchi memiliki tiga fase untuk melakukan pendekatan eksperimen, meliputi [10] :

1. Fase perencanaan adalah pemilihan faktor dan *level specimen*.
2. Fase pelaksanaan adalah jika eksperimen direncanakan dan dapat menghasilkan hasil faktor dan *level* yang baik.
3. Fase analisis adalah proses terpenting untuk menganalisis hasil faktor dan *level* untuk mendapatkan hasil yang positif.

Tabel 1 Faktor dan Level Dalam Desain Eksperimen

Variasi Parameter	Level 1	Level 2	Level 3
Penelitian (AxB)	Batas Bawah	Batas Menengah	Batas Atas
Temperatur Elektrolit (°C)	30	35	40
Waktu Pencelupan (Menit)	45	90	135

(Sumber : Tabel Pribadi)

Tabel 2 L9 (2)3 OA Taguchi

Jumlah Eksp (Run) Kombinasi	Faktor Penelitian Ini	
	Temperatur (°C)	Waktu Pencelupan (Menit)
	Faktor A (Level)	Faktor B (Level)
1	1	1
2	1	2
3	1	3
4	2	1
5	2	2
6	2	3
7	3	1
8	3	2
9	3	3

(Sumber : Tabel Pribadi)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil laju korosi pada ST 41 dengan waktu perendaman selama 168 jam, 336 jam, 504 jam, dan 720 jam, didapat hasil sebagai berikut :

Rumus laju korosi (*weight loss method*).

$$CR (mpy) = \frac{K \cdot W}{D \cdot A \cdot T}$$

Tabel 3 Rata-Rata Nilai Laju Korosi (*mpy*)

Nilai Laju Korosi (<i>mpy</i>)				
Kombinasi	168 Jam	336 jam	504 Jam	720 Jam
1	0,00420	0,00490	0,00620	0,00717
2	0,00140	0,00210	0,00327	0,00457
3	0,00070	0,00140	0,00233	0,00393
4	0,00397	0,00467	0,00590	0,00707
5	0,00140	0,00210	0,00327	0,00457
6	0,00070	0,00140	0,00233	0,00393
7	0,00257	0,00327	0,00500	0,00563
8	0,00070	0,00140	0,00233	0,00393
9	0,00047	0,00117	0,00200	0,00370

(Sumber : Tabel Data Pribadi)



Gambar 1 Perbandingan Nilai Laju Korosi

(Sumber : Grafik Data Pribadi)

Hasil penelitian pada pelasian *specimen* ST 41 Dari penelitian dan perhitungan di setiap kombinasi-kombinasi di antara waktu 168 jam, 336 jam, 504 jam dan 720 jam mengalami kenaikan dan penurunan terhadap laju korosi yang signifikan, dimana disetiap kombinasi 1 mengalami kenaikan laju korosi yang sangat tinggi, dan untuk kombinasi 9 mengalami penurunan laju korosi yang sangat rendah. Semakin banyak jumlah atom Ni yang tereduksi dan dengan menggunakan waktu pencelupan *electroplating* yang lebih lama,

mengakibatkan terbentuknya lapisan Ni yang lebih tebal pada permukaan spesimen [11]. Laju difusi *ion* akan meningkat seiring dengan naiknya suhu proses pelapisan, sehingga deposisi *ion* menjadi lebih halus [12]. Nilai laju korosi menurun dengan meningkatnya suhu elektrolit dan lama waktu pencelupan [13].

Tabel 4 Perbandingan SN Rasio

S/N Rasio				
Kombinasi	168 Jam	336 jam	504 Jam	720 Jam
1	46,76335	45,61616	44,00444	42,65565
2	56,10834	53,09804	49,36500	46,72074
3	60,08774	56,10834	51,97378	47,98755
4	47,48173	46,21582	44,46360	42,81655
5	56,10834	53,09804	49,36500	46,72074
6	60,08774	56,10834	51,97378	47,98755
7	51,40195	49,45983	45,97395	44,90827
8	60,08774	56,10834	51,97378	47,98755
9	64,18948	58,16888	53,69572	48,59806

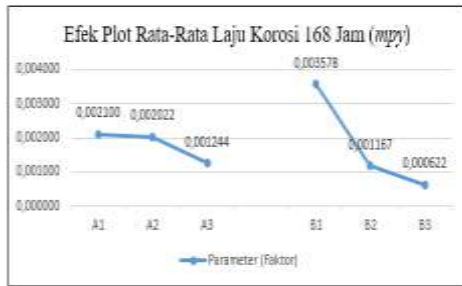
(Sumber : Tabel Data Pribadi)



Gambar 2 Perbandingan SN Rasio
(Sumber : Grafik Data Pribadi)

SNR digunakan untuk melihat seberapa besar parameter telah memberikan pengaruh. Pada perbandingan S/N rasio terlihat yang tinggi terletak pada kombinasi 9 di setiap waktu pengkorosian sedangkan pada kombinasi 1 mendapatkan S/N rasio yang rendah. Kombinasi 9 memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap laju korosi yang dihasilkan dimana SNR tertinggi memberikan pengaruh. Semakin rendahnya nilai *mean* yang

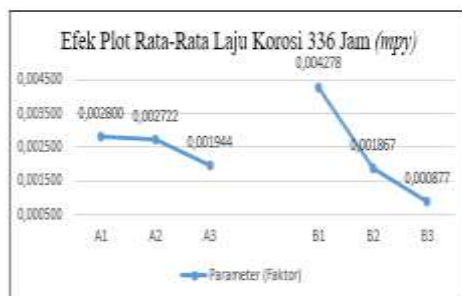
dihasilkan maka memperoleh nilai SN yang tinggi [14].



Gambar 3 Efek Plot *Mean* Laju Korosi (mpy) 168 Jam
(Sumber : Grafik Data Pribadi)



Gambar 4 Efek Plot SNR Laju Korosi (mpy) 168 Jam
(Sumber : Grafik Data Pribadi)

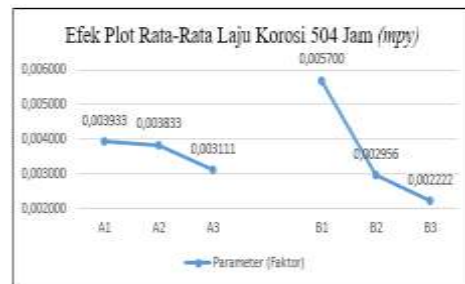


Gambar 5 Efek Plot Laju Korosi (mpy) 336 Jam
(Sumber : Grafik Data Pribadi)

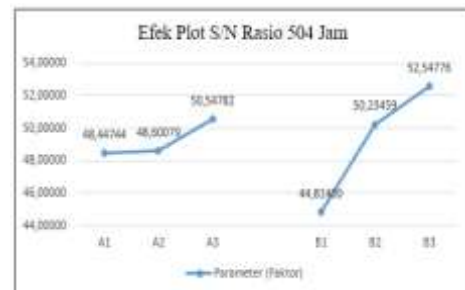


Gambar 6 Efek Plot SNR Laju Korosi (mpy) 336 Jam

(Sumber : Grafik Data Pribadi)



Gambar 7 Efek Plot Laju Korosi (mpy) 504 Jam
(Sumber : Grafik Data Pribadi)

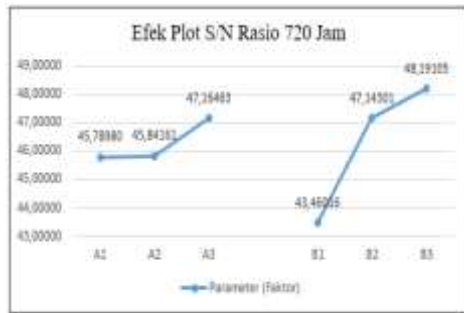


Gambar 8 Efek Plot SNR Laju Korosi (mpy) 504 Jam
(Sumber : Grafik Data Pribadi)



Gambar 9 Efek Plot Laju Korosi (mpy) 720 Jam

(Sumber : Grafik Data Pribadi)



Gambar 10 Efek Plot SNR Laju Korosi (*mpy*) 720 Jam
(Sumber : Grafik Data Pribadi)

Dari gambar efek plot 4 - 11 diatas merupakan paramater yang optimum dari proses *electroplating* terhadap laju korosi sesuai waktu pengkorosian. Dimana parameter dan hasil yang optimal teletak pada level 3 A3 temperatur elektrolit 40°C dan level 3 B3 waktu pencelupan 135 menit. Dimana pada *plot mean* maupun SN Rasio disetiap level 3 temperatur elektrolit dan waktu pencelupan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap laju korosi untuk mendapatkan hasil yang optimal. Paling sedikit korosi dan kehilangan berat akan terjadi pada suhu yang lebih tinggi dan waktu pencelupan yang lebih lama [15].

Tabel 5 *Robust Design* Laju Korosi Pada Parameter Optimal

Perbandingan Parameter <i>Mean</i> Laju Korosi Optimal Dengan <i>Mean Initial Design</i>		
Waktu Korosi	<i>Mean Optimal</i>	<i>Mean Initial Design</i>
168 Jam	0,00023	0,00140
336 Jam	0,00093	0,00210
504 Jam	0,00180	0,00327
720 Jam	0,00187	0,00457

(Sumber : Tabel Data Pribadi)



Gambar 11 *Robust Design* Laju Korosi Pada Parameter Optimal
(Sumber : Grafik Data Pribadi)

Dari gambar 12 diatas, pada *mean* dari *setting* parameter yang sering digunakan (*initial design*) pada proses pelapisan *electroplating* dengan paramater optimal (*robust design*) mengalami nilai rata-rata laju korosi yang turun dengan sangat signifikan dikarenakan adanya interaksi-interaksi antara parameter-parameter yang optimal. Nilai laju korosi yang diperoleh menurun seiring dengan bertambahnya suhu dan waktu [15]. Ketahanan korosi ditingkatkan dengan meningkatkan ketebalan lapisan pelindung nikel pada permukaan spesimen [16].

Tabel 6 *Robust Design* SN Rasio Pada Parameter Optimal

Perbandingan SN Rasio Parameter Optimal Dengan <i>Initial Design</i>		
Waktu Korosi	SN Rasio Optimal	SN Rasio <i>Initial Design</i>
168 Jam	66,61986	56,10834
336 Jam	59,85292	53,09804
504 Jam	54,29457	49,36500
720 Jam	54,32059	46,72074

(Sumber : Tabel Data Pribadi)



Gambar 12 Robust Design SN Rasio Pada Parameter Optimal
(Sumber : Grafik Data Pribadi)

Terlihat S/N rasio 168 jam dengan penurunan SN Rasio yang signifikan terhadap waktu korosi 720 jam dan mendapatkan *robust design* yang tinggi (optimal) dibandingkan dengan *Initial Design*. SNR yang optimal menghasilkan nilai yang baik dikarenakan mendapatkan nilai tertinggi. Semakin rendahnya nilai *mean* yang dihasilkan maka memperoleh nilai SN yang tinggi.

Tabel 7 ANOVA Pada Laju Korosi 168 Jam

Mean	SS	DeF	MS	Fhitung	Ftabel ($\alpha=0,05; 2; 22$)	C (%)
Temperatur (A)	0,000040	1	0,000020	2,2867389	3,4455580	3,89%
Waktu (B)	0,000445	1	0,000223	25,3753889	3,4455580	65,94%
Error	0,000194	22	0,0000088			38,33%
Total	0,000679	24				100,00%

(Sumber : Tabel Data Pribadi)

Tabel 8 ANOVA Pada Laju Korosi 336 Jam

Mean	SS	DeF	MS	Fhitung	Ftabel ($\alpha=0,05; 2; 22$)	C (%)
Temperatur (A)	0,000040	1	0,000020	2,2867389	3,4455580	3,89%
Waktu (B)	0,000445	1	0,000223	25,3753889	3,4455580	65,94%
Error	0,000194	22	0,0000088			38,33%
Total	0,000679	24				100,00%

(Sumber : Tabel Data Pribadi)

Tabel 9 ANOVA Pada Laju Korosi 504 Jam

Mean	SS	DeF	MS	Fhitung	Ftabel ($\alpha=0,05; 2; 22$)	C (%)
Temperatur (A)	0,000036	1	0,000018	1,587012	3,4455580	4,50%
Waktu (B)	0,000605	1	0,000302	43,214666	3,4455580	76,08%
Error	0,000134	22	0,0000060			18,36%
Total	0,000775	24				100,00%

(Sumber : Tabel Data Pribadi)

Tabel 10 ANOVA Pada Laju Korosi 720 Jam

Mean	SS	DeF	MS	Fhitung	Ftabel ($\alpha=0,05; 2; 22$)	C (%)
Temperatur (A)	0,000057	1	0,000028	1,284242	3,4455580	6,09%
Waktu (B)	0,000294	1	0,000147	14,297742	3,4455580	64,94%
Error	0,000177	22	0,0000081			38,37%
Total	0,000528	24				100,00%

(Sumber : Tabel Data Pribadi)

Dari hasil *Analys of varians* (ANOVA) maka faktor-faktor yang sangat berpengaruh signifikan terhadap laju korosi pada baja ST 41 adalah waktu pencelupan dimana $F_{hitung} > F_{tabel}$. F_{tabel} dengan $\alpha = 0,05 ; 2 ; 22$. Atom yang tereduksi pada logam *nickel* menyebabkan ketebalan lapisan pada katoda [11]. Proses elektroplating pada faktor temperatur elektrolit pada saat pelapisan (*coating*) yang dapat meningkatkan konduktivitas larutan elektrolit sehingga memungkinkan terjadinya perpindahan *ion-ion* yang mengalami pengendapan dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah (anoda ke katoda), dimana anoda berada *ion* bermuatan positif (*kation*) yang mengalami pelepasan *ion* (oksidasi) $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e$,

sehingga logam Ni akan terkikis dan spesimen (katoda) terlapis. *Ion-ion* pada logam Ni (anoda) akan mengalir terus menerus semakin lama waktu pencelupan pada proses elektroplating akan terjadi proses reduksi $Ni^{2+} \rightarrow 2e^- + Ni$, pada spesimen menghasilkan lapisan logam tebal pada katoda. Pengikisan akan terjadi pada logam Ni (teroksidasi). Sedangkan temperatur elektrolit memiliki nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$ yang tidak berpengaruh signifikan. Hal ini disebabkan temperatur elektrolit meningkatkan konduktivitas larutan dan laju difusi pada *ion*. Sedangkan waktu pencelupan memberikan pengaruh signifikan dimana $F_{hitung} > F_{tabel}$. Hal ini disebabkan memberikan *ion* pelapis sesuai lama waktu pencelupan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian dan hasil serta pembahasan dapat ditarik kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut :

A. Kesimpulan

1. Semakin tinggi temperatur larutan elektrolit dan lama waktu pencelupan yang digunakan pada proses *electroplating* akan mendapatkan nilai laju korosi dan kehilangan berat terkecil. Pada proses pelapisan waktu pencelupan sangat berpengaruh terhadap kuantitas ketebalan hasil lapisan, hal ini disebabkan semakin lama waktu pencelupan maka lapisan pada *specimen* akan menjadi tebal dan kokoh akibat adanya aliran *ion*

yang mengalir dan melaju secara terus menerus seiring waktu pelapisan. Sedangkan pada temperatur elektrolit yang tinggi mendapatkan pelekatan lapisan *specimen* menjadi kokoh/kuat dikarenakan meningkatnya konduktivitas pada larutan elektrolit. Lamanya waktu korosi dapat menyebabkan lapisan menjadi tipis karena meningkatnya salinitas air laut. Persentase laju korosi dari *robust design* mengalami peningkatan (laju korosi yang minimum) terhadap *initial design* yang terlihat pada gain S/N rasio laju korosi.

2. Parameter yang optimal pada proses *electroplating* untuk mendapatkan hasil yang optimum sesuai spesifikasi pada waktu korosi 168 jam, 336 jam, 504 jam, dan 720 jam di temperatur elektrolit 40 °C dengan waktu pencelupan 135 menit terletak pada level 3 temperatur elektrolit dan level 3 waktu pencelupan.

B. Saran

1. Pada peneliti selanjutnya yang akan meneruskan penelitian ini diharapkan menambah variasi parameter sesuai DoE metode taguchi, seperti tegangan, jarak anoda-katoda, kuat arus, dan jenis-jenis lapisan agar mendapatkan parameter yang lebih optimal dan baik.
2. Pemilihan *specimen* uji yang berbeda dan memvariasikan media

korosi, dengan harapan mendapatkan nilai laju korosi yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Rasyad Dan B. Budiarto, "Analisis Pengaruh Temperatur, Waktu, Dan Kuat Arus Proses Elektroplating Terhadap Kekuatan Tarik, Kekuatan Tekuk Dan Kekerasan Pada Baja Karbon Rendah," *J. Rekayasa Mesin*, Vol. 9, No. 3, Hal. 173–182, 2018, Doi: 10.21776/Ub.Jrm.2018.009.03.4.
- [2] M. S. Amin, M. S. Amin, M. Darsin, Dan A. Sanata, "Optimasi Kekuatan Tarik Proses Electroplating Ss400 Menggunakan Metode Taguchi," *J. Ris. Teknol. Ind.*, Vol. 14, No. 1, Hal. 54, 2020, Doi: 10.26578/Jrti.V14i1.5839.
- [3] Wardana, "Analisis Laju Korosi Baja A36 Dengan Coating Zinc Anode Dan Aluminium Anode Pada Proses Electroplating," 2021.
- [4] M. Nasution, "Kajian Tentang Hubungan Deret Volta Dan Korosi Serta Penggunaannya Dalam Kehidupan Sehari-Hari," *Semin. Nas. Tek. Uisu*, Vol. 2, No. 4, Hal. 251–254, 2019.
- [5] Sumanto Dan R. El Maghfiroh, "Efek Temperatur Terhadap Laju Korosi," *J. Flywheel*, Vol. 10, Hal. 26–32, 2019, [Daring]. Tersedia Pada: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/flywheel/article/view/722>.
- [6] W. K. Sabyantoro, H. Purwanto, Dan M. Dzulfikar, "Analisis Laju Korosi Dengan Aliran Media Korosi Hcl 10% Pada Material Baja Astm A36 Dengan Sudut Bending," *J. Ilm. Momentum*, Vol. 15, No. 1, 2019, Doi: 10.36499/Jim.V15i1.2661.
- [7] N. Ngatmin, H. Purwanto, Dan I. Riwayati, "Analisis Laju Korosi Pada Plat Baja Lambung Kapal Dengan Umpan Anoda Korban Aluminium," *J. Ilm. Momentum*, Vol. 15, No. 2, 2019, Doi: 10.36499/Jim.V15i2.3085.
- [8] V. M. Pratiwi, Sulistijono, I. P. Hidayat, Dan H. Zuniandra, "Pengaruh Variasi Waktu Dan Temperatur Kekuatan Lekat Dan Ketahanan Korosi Pada Baja," *J. Tek. Its*, Vol. 8, No. 2, Hal. 218–223, 2019.
- [9] D. Sasmita, "Pengaruh Suhu Dan Waktu Pelapisan Tembaga Pada Baja Karbon Rendah Secara Elektroplating Terhadap Korosi," *Eksakta*, Vol. 2, Hal. 61–67, 2016.
- [10] D. C. Montgomery, *Design And Analysis Of Experiments Eighth Edition. Arizona State University*, Vol. 2009, No. 2005. 2013.
- [11] Andriawan Dan Aisyah Endah Palupi, "Struktur Mikro , Ketebalan Dan Kekerasan Lapisan Nikel Baja St41," *Jtm*, Vol. 07, Hal. 125–134, 2019.
- [12] M. B. Nur Rahman, B. Riyanta, Dan D. Agusman, "Pengaruh Temperatur Dan Arus Listrik Proses Pelapisan Krom Pada Plastik Abs Dengan Metode Elektroplating," *Jmpm (Jurnal Mater. Dan Proses Manufaktur)*, Vol. 4, No. 1, Hal. 58–66, 2020, Doi: 10.18196/Jmpm.4154.
- [13] D. R. Setyaningrum, N. Mulyaningsih, C. Pramono, J. T. Mesin, F. Teknik, Dan U. Tidar, "Pengaruh Variasi Waktu Elektroplating Nikel Terhadap Laju Korosi Pada Bejana Penampung Air Nira Lontar Di Industri Nata," 2021.
- [14] Muhamad Zainul Efendy Syaefuddin, "Optimasi Parameter

- Injection Molding Terhadap Shrinkage Pada Material Polypropylene Dengan Metode Taguchi,” *Univ. Negeri Malang*, 2021.
- [15] A. F. Alphanoda, “Terhadap Laju Korosi Pada Hasil Pelapisan Electroplating Hard,” Hal. 286–291, 2019.
- [16] M. Charles Manurung, St., “Pengaruh Kuat Arus Terhadap Ketebalan Lapisan Dan Laju Korosi (Mpy) Hasil Elektroplating Baja Karbon Rendah Dengan Pelapis Nikel,” *Visi*, Vol. 21, No. 2, Hal. 1857–1869, 2019, [Daring]. Tersedia Pada: Pengaruh Kuat Arus Terhadap Ketebalan Lapisan Dan Laju Korosi (Mpy)%0ahasil Elektroplating Baja Karbon Rendah Dengan Pelapis Nikel%0acharles Manurung, St.,Mt.
- [17] Y. Basjir, Mochammad, “Pengaruh Variasi Waktu Pencelupan Electroplating Nickel – Chrome Pada Baja S45c Terhadap Ketebalan Lapisan,” 2021.
- [18] D. Nur Robbi, “Pengaruh Variasi Media Pengkarbonan Terhadap Nilai Kekerasan Serta Laju Keausan Baja Assab 7210 Dengan Proses Packcarburizing,” 2017.
- [19] M. Basjir, “Pengendalian Kualitas Menggunakan Pendekatan Six Sigma Dan Metode New Seventools Sebagai Upaya Perbaikan Produk Defect,” *J. Res. Technol.*, Vol. 21, No. 1, Hal. 1–9, 2020.
- [20] M. Basjir Dan Suhartini, “Analisa Risiko Prioritas Perbaikan Kegagalan Proses Penjernihan Air Dengan Metode Fuzzy Fmea,” *Tecnoscienza*, Vol. 3, Hal. 195–210, 2019.
- [21] M. B. Tofani, “Pengaruh Variasi Waktu Pencelupan Plat Baja A36 Terhadap Ketebalan Dan Kekerasan Pelapisan Zn Pada Proses Elektroplating,” Hal. 77–82, 2021.
- [22] U. Lesmanah Dan N. Robbi, “Analisa Sifat Mekanis Baja Assab 760 Yang Mengalami Proses Tempering Dengan Variasi Suhu Pemanasan,” *J. Tek. Mesin*, Hal. 1–5, 2017, [Daring]. Tersedia Pada: [Http://Riset.Unisma.Ac.Id/Index.Php/Jts/Article/View/658%0ahttp://Riset.Unisma.Ac.Id/Index.Php/Jts/Article/Viewfile/658/643](http://Riset.Unisma.Ac.Id/Index.Php/Jts/Article/View/658%0ahttp://Riset.Unisma.Ac.Id/Index.Php/Jts/Article/Viewfile/658/643).