

OPTIMASI KUALITAS KEKASARAN PERMUKAAN PROSES *ELECTROPLATING* MATERIAL SS400 MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Mohammad Hartono^{1*}, Hari Arbiantara Basuki², Andi Sanata²

¹Alumni Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

²Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

Email: *mohammad21anton@gmail.com

ABSTRACT

Quality of product in various industries, especially in metal industry is the most attention so the product can compete and attract consumers. Surface roughness is one of the demand that must be fulfilled because it can be the initiation of cracks, especially when material receives recurring and fluctuating loading. Therefore, low surface roughness can produce a product with longer lifespan material. The goal of this study is to determine the most optimal combination of electroplating process with factors variety of voltage (volts), temperature (°C), and time of immersion (minutes) to produce a low values of surface roughness. This study uses an experimental design with Taguchi method. Contribution factors of control that produce the surface roughness values were influenced significantly by control factor voltage (volts) amounted to 77.31% with an average roughness value of 1.29 μm . This is due to the increase in voltage which causes the deposition of electrolyte ions which is faster in the deposition structure of the specimen. Where as other control factors were not effected significantly on the temperature control factor amounted to 4.85% with an average roughness value of 1,32 μm . These results are possible because the temperature variations used (40°C to 50°C) are still within the optimum operating temperature. And the other control factors is immersion time amounted to 10.13% with an average roughness value of 1,32. The result ware obtained because the length of coating time affected the quantity of deposition of nickel ions on the surface of the specimen. The result of optimal condition is the voltage level 2 (6 volts), the temperature at level 2 (45°C), and the immersion time at level 3 (25 minutes).

Keyword: Electroplating, Surface Roughness, SS400, Taguchi

PENDAHULUAN

Pelapisan material adalah salah satu cara meningkatkan kualitas suatu produk khususnya material logam. Pelapis yang digunakan dalam teknik *electroplating* baja dapat berupa lapis perak, emas, brass, tembaga, nikel dan krom. Penggunaan lapisan tersebut disesuaikan dengan kebutuhan dan kegunaan masing-masing material. Tujuan pelapisan logam terdiri dari tiga hal yaitu untuk meningkatkan sifat teknis atau mekanis dari suatu logam, melindungi logam dari korosi, dan memperindah tampilan atau disebut *decorative* [1].

Nikel merupakan material pelapis yang termasuk dalam kelompok *electroplating decorative* dan *protektif*. Dasar pemilihan nikel untuk pelapisan ini adalah karena memiliki kelebihan pada sifat fisiknya yaitu, seperti tahan terhadap aus, tahan terhadap korosi dan biasa dipakai dalam proses *electroplating*. Nikel sangat populer dalam plating, karena nikel merupakan logam plating yang paling peka responnya atas aditif-aditif bak platingnya [2].

Kekasaran permukaan dapat menjadi inisiasi retakan terutama ketika material tersebut menerima pembebanan berulang dan berfluktuasi. Spesimen dengan permukaan yang halus memiliki umur lelah material yang lebih lama [3]. Kekasaran permukaan memegang peranan penting pada kualitas produk dan merupakan salah satu parameter yang penting untuk mengevaluasi dari hasil pengerjaan. Sehingga kekasaran permukaan menjadi tuntutan yang harus terpenuhi [4].

Material SS400 merupakan salah satu baja (*main steel*) yang paling umum digunakan didunia perindustrian. Material ini banyak dipakai untuk aplikasi struktur/konstruksi umum (*general purpose structural steel*) misalnya dipakai untuk konstruksi jembatan, pelat kapal laut, kerangka kereta api dan lain sebagainya [5].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh parameter tegangan, suhu larutan dan waktu pelapisan pada proses *electroplating* material baja karbon rendah SS400

dengan nikel sebagai pelapisnya menggunakan metode Taguchi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan design eksperimental dengan metode Taguchi. Penelitian meliputi kegiatan utama yaitu pengujian. Untuk pembuatan dan pengujian keduanya dilakukan di Laboratorium Bengkel Kerja Logam dan Uji Material, Fakultas Teknik, Universitas Jember pada bulan September – Oktober 2019. Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Material baja karbon rendah SS400
- Larutan *pickling* (HCL)
- Larutan *degreasing* (NaOH)
- Larutan *bright nickel*
- Alat *Electroplating* (Pelapisan logam menggunakan listrik)
- Alat uji kekasaran permukaan (*roughness tester*)

Prosedur Penelitian

- a. Mempersiapkan alat dan bahan.
- b. Membuat dan membentuk spesimen uji (SS400) sesuai dengan dimensi yang telah direncanakan sebanyak 27 buah.
- c. Membersihkan benda kerja secara mekanis.
- d. Membuat dan membersihkan dengan larutan cuci asam (*pickling*).
- e. Membersihkan spesimen untuk menghilangkan minyak (*degreasing*).
- f. Membilas spesimen dengan aquades
- g. Mengeringkan spesimen.
- h. Membuat larutan elektrolit *bright nickel* dengan komposisi 250 g/L *Nickel Sulfat* (NiSO4), 50 g/L *Nickel Chlorid* (NiCl2), 40 g/L *Boric Acid* (H3BO3), 2-3 ml/l *Brightener* Mnt dan 1-2 ml/l *Brightener* MU.
- i. Mengatur suhu larutan pada suhu yang telah ditentukan.
- j. Memasukkan spesimen kedalam larutan dengan waktu dan tegangan yang telah divariasikan.
- k. Melakukan pengujian kekasaran permukaan menggunakan alat uji *Surface Roughness* sesuai dengan ASTM [6].
- l. Analisa perbedaan kekasaran dengan metode ANOVA dan taguchi.
- m. Mendapatkan kesimpulan dari data hasil penelitian yang sudah dilakukan.

Metode Analisis

Desain eksperimen yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode Taguchi orthogonal array (L9) yang mempunyai kombinasi 3 parameter dengan setiap parameter memiliki 3 level sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 1. Parameter dan level

Kode	Faktor	Level 1	Level 2	Level 3
A	Tegangan	3 volt	6 volt	9 volt
B	Suhu Larutan	40°C	45°C	50°C
C	Waktu Pelapisan	15menit	20menit	25menit

Tabel 2. Matrix orthogonal array (L9)

No	Faktor Kendali		
	Level A (volt)	Level B (°C)	Level C (menit)
1	3	40	15
2	3	45	20
3	3	50	25
4	6	40	20
5	6	45	25
6	6	50	15
7	9	40	25
8	9	45	15
9	9	50	20

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Hasil Eksperimen

Hasil pelapisan logam pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Hasil pelapisan logam (*Electroplating*)

Data hasil pada penelitian ini diperoleh berdasarkan rancangan percobaan menggunakan teori taguchi berupa matriks ortogonal L9(3³). Parameter proses electroplating pada penelitian ini yaitu tegangan (volt), suhu larutan (°C), waktu pelapisan (menit). Berikut hasil percobaan yang telah dilaksanakan didapatkan data seperti yang ditunjukkan pada tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Data nilai kekasaran permukaan Kekasaran permukaan (µm)

Komb.	Kekasaran permukaan (µm)			Rata-rata
	I	II	III	
1	1,38	1,41	1,39	1,39
2	1,35	1,36	1,35	1,35
3	1,36	1,37	1,36	1,37

4	1,29	1,30	1,30	1,29
5	1,28	1,26	1,27	1,27
6	1,31	1,31	1,32	1,31
7	1,32	1,35	1,32	1,33
8	1,35	1,35	1,36	1,36
9	1,36	1,38	1,37	1,37
Rata-rata total				1,34

2. Perhitungan S/N Rasio

Pada metode taguchi ada 3 pemilihan karakteristik pemilihan respon yaitu smaller the better, nominal the best, larger the better. Pada penelitian ini nilai kekasaran permukaan semakin kecil semakin baik maka pemilihan karakteristik S/N rasio yaitu smaller the better. Contoh perhitungan S/N rasio nilai kekasaran permukaan dengan karakteristik kualitas respon semakin kecil semakin baik pada kombinasi yang pertama yaitu sebagai berikut.

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r Y_i^2 \right)$$

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1,38^2 + 1,41^2 + 1,39^2}{3} \right]$$

$$S/N = -10 \log 1,94$$

$$S/N = -2,87$$

Perhitungan S/N rasio untuk setiap respon di semua kombinasi ditunjukkan pada tabel 4 sebagai berikut:

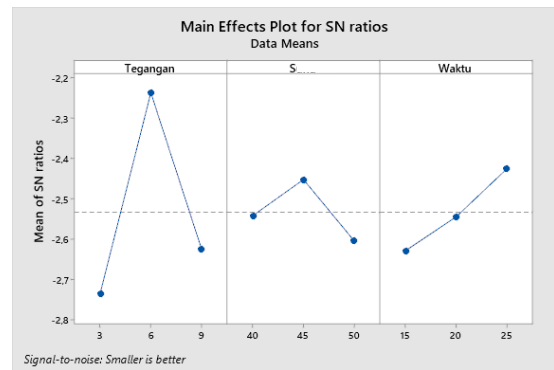
Tabel 4. Data hasil S/N rasio
Kekasaran permukaan (µm)

Komb	Kekasaran permukaan (µm)			S/N Rasio
	I	II	III	
1.	1,38	1,41	1,39	-2,87
2.	1,35	1,35	1,35	-2,62
3.	1,36	1,37	1,36	-2,71
4.	1,29	1,30	1,30	-2,27
5.	1,27	1,26	1,27	-2,08
6.	1,31	1,31	1,32	-2,36
7.	1,32	1,35	1,32	-2,48
8.	1,35	1,35	1,36	-2,65
9.	1,38	1,41	1,39	-2,74

3. Kombinasi variasi optimal

Nilai yang paling optimal didapatkan dari perhitungan nilai rata-rata tiap level. Nilai rata-rata tertinggi merupakan nilai yang paling optimal pada parameter yang digunakan. Berikut nilai yang paling optimal

- a. Tegangan : 6 volt
- b. Suhu Larutan : 45°C
- c. Waktu Pelapisan : 25 menit



Gambar 2 Nilai plot rata-rata S/N rasio

4. ANOVA, Uji F, dan Persentase Kontribusi

ANOVA digunakan untuk mengetahui kontribusi setiap parameter terhadap keluaran yang diteliti. Hasil perhitungan ANOVA didapatkan dari software MiniTab 19. Tabel 5 menunjukkan hasil perhitungan ANOVA.

Tabel 5. Hasil ANOVA proses electroplating

Sumber	DK	SS	MS	Fhitung
Tegangan	2	0,41428	0,20714	41,21
Suhu	2	0,03545	0,01772	3,53
Waktu	2	0,06303	0,03151	6,27
Residua	2	0,01005	0,00502	
Total	8	0,52283		

Dapat disimpulkan pada tabel nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka nilai tersebut mempunyai pengaruh yang signifikan. Nilai F_{tabel} pada penelitian ini sebesar 19,00. Dapat dilihat bahwa hanya tegangan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan.

Persen kontribusi dari tiap faktor kendali yang digunakan pada proses electroplating terdapat pada tabel 6 di bawah ini dengan contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$SS'_A = SS_A - MS_e(DK_A)$$

$$SS'_A = 0,41428 - 0,005027(2)$$

$$SS'_A = 0,41428 - 0,010054$$

$$SS'_A = 0,404228$$

$$\rho_A = \frac{SS'_A}{SS_T} \times 100\%$$

$$\rho_A = \frac{0,41428}{0,5228} \times 100\%$$

$$\rho_A = 77,31\%$$

Tabel 6. Persen kontribusi tiap faktor kendali

Simbol	Faktor Kendali	SS'	P
A	Tegangan	0,4042	77,31%
B	Suhu	0,0254	4,85%
C	Waktu	0,0529	10,13%
R	Residual		7,69%
	Total		100%

5. Prediksi Respon Optimal

Prediksi nilai kekasaran permukaan optimal berdasarkan kombinasi rata-rata nilai S/N rasio pada setiap level dari parameter yang sedang diteliti. Pada gambar 2. kombinasi level dari tiap parameter yang paling berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan yang optimal adalah sebagai berikut :

- Tegangan (volt) pada level 2
- Suhu larutan (°C) pada level 2
- Waktu pelapisan (menit) pada level 3

Nilai prediksi kekasaran dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\hat{\mu} = \gamma_m \sum_{i=1}^q (\bar{Y}_i - \gamma_m)$$

$$\hat{\mu} = -2,53 + (-2,23 - (-2,53)) + (-2,45 - (-2,53)) + (-2,42 - (-2,53))$$

$$\hat{\mu} = -2,53 + 0,29 + 0,11 + 0,10$$

$$\hat{\mu} = -2,04$$

6. Pembahasan

1. Tegangan

Berubahnya nilai kekasaran disebabkan karena adanya proses pengendapan ion-ion elektrolit yang lebih cepat akibat dari meningkatnya tegangan, sehingga akan lebih banyak atom hidrogen yang masuk secara interstiti kedalam struktur endapan. Hal itu juga menyebabkan jumlah ion Ni²⁺ semakin banyak yang terlepas dari larutan dan mengendap pada katoda (spesimen).

2. Suhu Larutan

Hasil nilai kekasaran permukaan yang didapatkan relatif sama atau tidak banyak berubah meskipun dilakukan variasi suhu larutan. Hal tersebut dimungkinkan terjadi

karena variasi yang digunakan (40°C sampai 50°C) masih berada didalam suhu operasional optimum. Hal itu terjadi karena suhu operasional cukup rendah. Akan tetapi apabila suhu yang digunakan terlalu tinggi, maka lapisan menjadi tidak merata dan dapat meningkatkan kekasaran permukaan

3. Waktu Pelapisan

Hasil nilai kekasaran permukaan yang didapatkan relatif sama atau tidak banyak berubah meskipun dilakukan variasi waktu pelapisan. Grafik yang mengalami penurunan tersebut disebabkan karena lamanya waktu pelapisan mempengaruhi kuantitas pengendapan ion nikel yang terjadi dengan mengisi kekosongan ion di pori-pori permukaan yang ada pada permukaan spesimen sehingga hasil yang didapatkan semakin merata dan permukaan spesimen semakin halus.

KESIMPULAN

Hasil analisa menggunakan metode taguchi mengenai optimasi proses *electroplating* didapatkan kesimpulan bahwa :

- Pengaruh faktor pada tegangan yaitu semakin besar tegangan yang digunakan maka akan semakin besar nilai kekasaran permukaan yang didapat dengan nilai persentase kontribusi sebesar 77,31% dengan nilai kekasaran rata-rata sebesar 1,29µm, pengaruh faktor pada suhu larutan menghasilkan nilai kekasaran permukaan paling baik pada level 2 dengan nilai kekasaran rata-rata sebesar 1,32 µm dan persentase kontribusi sebesar 4,85%, sedangkan pengaruh faktor pada waktu pelapisan yaitu semakin lama waktu pelapisan maka semakin kecil nilai kekasaran yang didapatkan dengan nilai kekasaran rata-rata sebesar 1,32 µm dan persentase kontribusi sebesar 10,13%.
- Faktor kendali paling optimal yang didapatkan adalah pada tegangan level 2 (6 volt), suhu larutan level 2 (45°C), dan waktu pelapisan level 3 (25 menit).

SARAN

Pada penelitian selanjutnya untuk proses *pretreatment* dilakukan dengan menggunakan ampelas yang paling halus sampai dengan mesh 3000 untuk mendapatkan kekasaran permukaan yang lebih baik sehingga setelah dilakukan proses pelapisan menghasilkan lapisan yang lebih baik juga. Penelitian ini juga dapat dilanjutkan dengan menggunakan parameter-parameter lain yang memiliki pengaruh terhadap nilai kekasaran seperti kuat arus, jenis larutan, konsentrasi larutan, jarak anoda katoda dan sistem agitasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ananta, R.H dan Sakti, A.M. 2016. Pengaruh variasi waktu celup dan kuat arus terhadap ketebalan permukaan dan struktur mikro baja ST 41 pada proses pelapisan nikel. *JTM* 04(03): 479-488
- [2] Sutomo., Senen., dan Rahmat. 2010. Pengaruh Arus dan Waktu Pada Pelapisan Nikel dengan Elektroplating untuk Bentuk Plat. Program Diploma III Teknik Mesin, FT. Semarang: 23-28.
- [3] Kenang, M.F., Sutikno,E., Soenoko,R. 2013. Pengaruh Tegangan Listrik Dan Kuat Arus Pada Proses Hard Anodizing Alumunium 6061 Untuk Konsentrasi H3PO4 (2mol) Terhadap Kekasaran Dan Porositas Permukaan. Malang.
- [4] Petropoulos, G., Kechagias, J., Akis, V.I., dan Maropoulos, S. 2009. *Surface Roughness Investigation of a Reinforced Polymer Composite*. International Conference on Economic Engineering and Manufacturing Systems.
- [5] Ratnanto, Fitriadi dan Ardy Y. 2013. Pentingnya Perancangan *Process* Dalam Konsep Desain Produk Pada Departemen Teknologi Produksi. Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT). Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [6] ASTM. 2013. ASTM D 7127 – 13. *Standard Test Method for Measurement of Surface Roughness of Abrasive Blast Cleaned Metal Surfaces Using a Portable Stylus Instrument*. Philadelphia, PA: ASTM.