

**OPTIMASI PROSES *ELECTROPLATING*
PEMBUATAN KERAJINAN PERAK**

Anisa Novitasari, Apriani Soepardi, dan Eko Nursubiyantoro

Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jl. Babarsari 2 Tambakbayan, Yogyakarta, 55281
Telp/Fax.: (0274) 486256 email : industri_fti@upnyk.ac.id

Abstrak

Proses pembentukan kawat perak sebagai bahan baku kerajinan perak masih menggunakan mesin canai perak yang sederhana, sehingga membuat kerajinan perak yang dihasilkan pengrajin tidak maksimal. Proses pembentukan kawat tidak efisien karena pengrajin harus memindahkan rol yg digunakan untuk menggulung kawat secara berulang-ulang, hal tersebut mengganggu waktu proses pembentukan kawat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin canai perak baru agar dapat mempercepat proses pembentukan kawat yang memberikan keamanan pada pengrajin sehingga hasil produksi meningkat. Pendekatan untuk perancangan ulang alat yang menggunakan pendekatan Quality Function Deployment (QFD), diharapkan dapat mengembangkan mesin canai perak yang sudah ada sehingga dapat memuaskan pengrajin perak dengan menerjemahkan keinginan pengrajin kedalam karakteristik mutu. Hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan atas perancangan alat mesin canai perak yang baru. Proses pembentukan kawat perak dapat lebih efisien karena rol yg digunakan untuk menggulung kawat perak dapat menggulung secara bergantian sehingga dapat menghasilkan kawat perak dengan ukuran 0,5 mm sebanyak 16 ons perhari.

Kata kunci : *Mesin Canai Perak, Quality Function Deployment, Produktivitas*

Pendahuluan

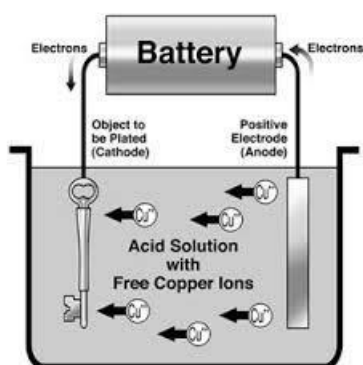
Peningkatan kualitas penting untuk menghadapi persaingan dan daya beli konsumen. Salah satu kualitas dalam kerajinan perak dapat dilihat dari tingkat kecerahan suatu produk. Kecerahan permukaan dari suatu produk kerajinan perak punya kemampuan untuk memantulkan cahaya dan membentuk *mirror image*. Tingkat kecerahan ini dihasilkan dari sebuah proses pelapisan listrik atau yang disebut proses *electroplating*. Proses pelapisan ini dilakukan pada tahap akhir pembuatan kerajinan perak, yaitu setelah pola dibentuk. Salah satu industri kerajinan yang menggunakan pelapisan listrik dalam proses finishing adalah sentra kerajinan perak Pampang di Gunungkidul, Yogyakarta. Banyak hal yang harus diperhatikan dalam proses lapis listrik, seperti suhu reaksi, konsentrasi larutan dalam reaksi, waktu pelapisan serta tegangan yang akan mempengaruhi tingkat kecerahan hasil proses lapis listrik. Pengoptimalan proses pelapisan dan memaksimalkan kualitas lapisan produk perak maka dilakukan desain eksperimen dengan parameter yang berpengaruh. Desain eksperimen dilakukan dengan Metode Taguchi yang bertujuan untuk menghasilkan produk perak dengan tingkat kecerahan maksimal, dengan mengacu pada kombinasi dari parameter dalam proses pelapisan listriknya.



Landasan Teori

Pelapisan logam adalah suatu cara yang dilakukan untuk memberikan sifat tertentu pada suatu permukaan benda kerja, dimana diharapkan benda tersebut akan mengalami perbaikan baik dalam hal struktur mikro, ketahanan maupun sifat fisiknya. Pelapisan logam merupakan bagian akhir dari proses produksi suatu produk. Proses tersebut dilakukan setelah benda kerja mencapai bentuk akhir atau setelah proses pengerjaan mesin serta penghalusan terhadap permukaan benda kerja. Dengan demikian proses pelapisan termasuk dalam kategori pekerjaan finishing.

Pelapisan logam dengan cara lapis listrik atau *electroplating* pada dasarnya merupakan rangkaian arus listrik, anoda, larutan elektrolit dan katoda (benda kerja). Keempat ini disusun sedemikian rupa, sehingga membentuk suatu sistem lapis listrik dengan rangkaian seperti pada gambar berikut (Mustopo, 2011).



Anoda dihubungkan pada kutub positif dari sumber listrik

- Katoda dihubungkan pada kutub negatif dari sumber listrik
- Larutan elektrolit ditampung dalam bak
- Anoda dan katoda direndamkan dalam larutan elektrolit

Menurut Suarsana (2008), faktor-faktor yang mempengaruhi electroplating adalah sebagai berikut:

- Suhu

- Kerapatan arus
- Konsentrasi ion
- Agitasi
- Throwing power
- Konduktivitas
- Nilai pH
- Pasivitas
- Waktu pelapisan

Desain eksperimen berperan penting digunakan untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan dalam proses agar kinerja proses meningkat. Desain eksperimen dapat didefinisikan sebagai suatu uji dengan mengubah-ubah variabel input (faktor) suatu proses sehingga bisa diketahui penyebab perubahan output (respons) (Iriawan, dalam Fitria, 2009). Metode Taguchi digunakan untuk perbaikan kualitas dan proses agar menghasilkan produk berkualitas tinggi dengan biaya seminimal mungkin (*low cost*). Taguchi merancang kombinasi faktor terkendali dan tak terkendali yang meminimasi sumber efek dan variabilitas eksperimen. Taguchi menyebut ini sebagai *robustness*. Kemudian *robustness* menjadi sasaran Metode Taguchi, yaitu menjadikan suatu produk lebih tangguh (*robust*) atau dikenal dengan *Robust Design*. Dalam *Robust Design* dapat dilihat variasi atau simpangan kualitas produk yang dihasilkan dengan target yang diharapkan (Peace, 1993).

Metodologi Penelitian

Data yang digunakan adalah tingkat kecerahan lapis listrik yang diperoleh dari percobaan pengkombinasian faktor yang berpengaruh pada tingkat kecerahan lapis listrik di sentra kerajinan perak Pampang, Gunungkidul, Yogyakarta.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengolahan data adalah:

1. Perencanaan Eksperimen

Penentuan Variabel, variabel yang digunakan yaitu waktu pelapisan (mnt), suhu reaksi ($^{\circ}\text{C}$), tegangan/voltase (volt), konsentrasi larutan (%) dan rapat arus (Amp/mm²).

Identifikasi Karakteristik Kualitas, Karakteristik kualitas adalah *larger-the-better*. Semakin besar tingkat kecerahan hasil proses *electroplating* maka semakin baik kualitasnya

Klasifikasi Variabel, Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas hasil *electroplating* dibagi ke dalam dua kategori yaitu *control factor* atau faktor terkendali dan *noise factor* atau faktor tak terkendali.

Penentuan Jumlah Level dan Nilai Level Faktor, dapat dilihat pada tabel berikut:

Faktor	Kode	Level		
		1	2	3
Waktu pelapisan (mnt)	A	2	3	4
Suhu reaksi (C)	B	30	45	60
Tegangan/voltase (volt)	C	3	4,5	6
Konsentrasi larutan (%)	D	1	1,2	1,4

Faktor	Kode	Level	
		1	2
Rapat arus (A/mm ²)	P	Rendah	Tinggi

Identifikasi Interaksi Potensial, pemilihan faktor diharapkan menghasilkan interaksi antar faktor yang kuat sehingga dapat mengoptimasi hasil proses *electroplating*.

2. Desain Eksperimen

Perhitungan *Degree of Freedom*, hasil perhitungan *Degree of Freedom* digunakan untuk menentukan *Orthogonal Array*.

Penentuan *Orthogonal Array*, faktor terkendali dan tak terkendali masing-masing yaitu $L_{27}(13^4)$ dan $L_4(2^3)$.

Penempatan Variabel dalam *Orthogonal Array*

3. Pelaksanaan Eksperimen

Mengkombinasikan faktor-faktor yang berpengaruh dalam suatu percobaan proses lapis listrik. Digunakan larutan elektrolit berupa campuran antara air dan *potassium*, anoda perak dan katoda tembaga dengan bantuan rangkaian listrik searah (DC).



4. Analisis Eksperimen

- Perhitungan Efek Mean
- Penentuan SN Ratio untuk Karakteristik Mutu
- Perhitungan Analysis of Variance (ANOVA)
- Uji Verifikasi

5. Analisis Hasil Penelitian

Dilakukan dengan penentuan faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap pengujian hasil kecerahan. Hasil pengukuran dengan tingkat kecerahan tertinggi merupakan hasil kombinasi terbaik dari ketiga parameter yang digunakan.

Pengolahan Data dan Analisis Hasil

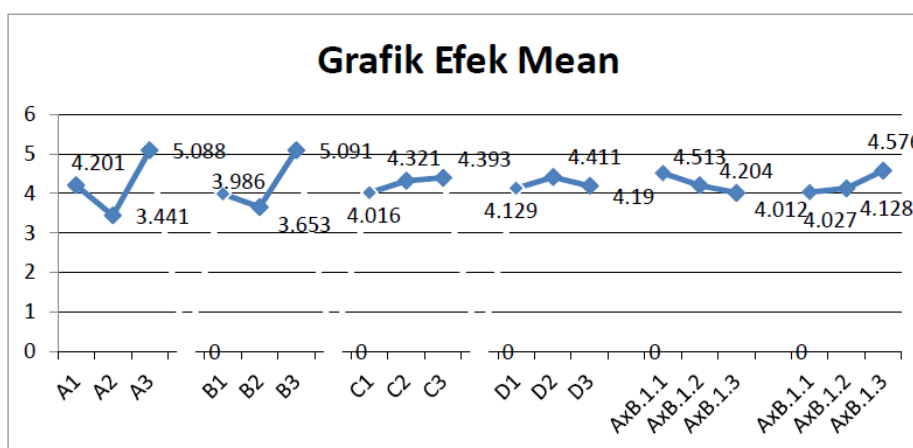
Data hasil pengujian kecerahan dimasukkan dalam matriks *Orthogonal L₂₇(3¹³)*. Data tersebut disajikan pada tabel di bawah ini:

No. Eks	Faktor Kendali												Data Percobaan Rata-rata Kecerahan (lux)	
	A	B	AxB	AxB	C	D	e	e	e	e	e	e		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2,74
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	6,48
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2,77
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3,37
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2,49
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	2	4,51
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	2	2	2	4,53
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	3	3	3	5,18
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	5,74
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	3,47
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2,5
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2	4,46
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	1	3	1	2	2,39
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2,44
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2	3	1	2,38
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	3	1	4,41
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	3	1	2	4,52
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	4,4
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	4,43
20	3	1	3	2	2	3	1	2	1	3	2	1	3	4,48
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1	4,54
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	3	3	2	1	5,17
23	3	2	1	3	2	3	1	3	2	1	1	3	2	5,07
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	2	1	3	5,06
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	3	5,63
26	3	3	2	1	2	3	1	1	3	2	3	2	1	5,73
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2	5,68



Perhitungan efek *mean* dilakukan dengan mengurangi rata-rata terbesar dengan rata-rata terkecil, sehingga diperoleh nilai efek *mean*. Dari rata-rata mean tiap faktor dipilih yang nilainya paling besar untuk dasarakan sebagai rancangan usulan. Hasilnya adalah sebagai berikut:

Efek Mean	Faktor Kendali					
	A	B	C	D	AxB ₁	AxB ₂
Level 1	4,201	3,986	4,016	4,129	4,513	4,027
Level 2	3,441	3,653	4,321	4,411	4,204	4,128
Level 3	5,088	5,091	4,393	4,190	4,012	4,576
Efek	1,647	1,438	0,377	0,282	0,501	0,549
Ranking	1	2	5	6	4	3
Optimum	A ₃	B ₃	C ₃	D ₂	AxB _{1,1}	AxB _{2,3}

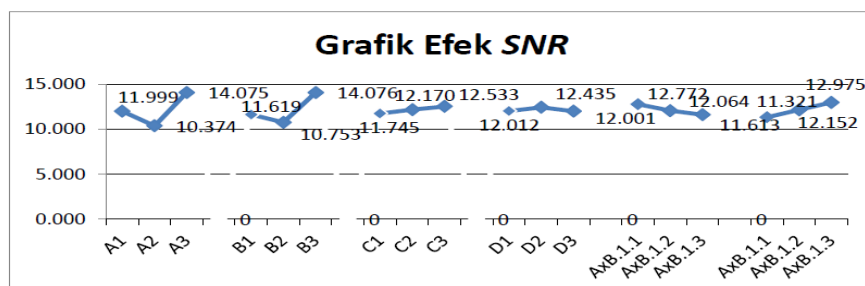


Perhitungan *Signal to Noise Ratio (SNR)*, *SNR* berfungsi untuk mengukur kepekaan karakteristik mutu dalam penelitian sehingga dapat dikendalikan terhadap pengaruh faktor yang tidak dapat dikendalikan (*noise factor*).

$$SNR = -10 \log \left| \frac{\frac{1}{y_1^2} + \frac{1}{y_2^2} + \dots + \frac{1}{y_n^2}}{n} \right|$$

Efek SNR	Faktor Kendali					
	A	B	C	D	AxB ₁	AxB ₂
Level 1	11,999	11,619	11,745	12,012	12,772	11,321
Level 2	10,374	10,753	12,170	12,435	12,064	12,152
Level 3	14,075	14,076	12,533	12,001	11,613	12,975
Efek	3,701	3,323	0,788	0,434	1,159	1,654
Ranking	1	2	5	6	4	3
Optimum	A ₃	B ₃	C ₃	D ₂	AxB _{1,1}	AxB _{2,3}





Perhitungan ANOVA, ANOVA dilakukan untuk mengestimasi efek faktor kendali dari karakteristik yang diamati. Dari hasil perhitungan ANOVA dapat dilihat bahwa semua faktor berpengaruh secara signifikan. Hasil selengkapnya pada tabel berikut:

Faktor	SSb	SSw	Db	MSb	MSw	F-Ratio
A	61,322	138,01	2	30,661	5,750	5,332
B	53,503	145,829	2	26,751	6,076	4,403
C	2,793	196,539	2	1,396	8,189	0,171
D	1,101	198,231	2	0,55	8,260	0,067
AxB ₁	6,143	193,189	4	1,536	8,049	0,191
AxB ₂	12,362	186,970	4	3,090	7,79	0,397

Uji verifikasi dengan uji t dilakukan untuk membandingkan hasil eksperimen dengan prediksi respon. Jika keduanya cukup dekat hasilnya maka dapat disimpulkan rancangan cukup memadai. Rancangan usulan berdasarkan efek mean, efek SNR dan efek tiap faktor sesuai dengan urutan rangkingnya adalah A₃, B₃, AxB_{2.3}, AxB_{1.1}, C₃, D₂. Rata-rata rancangan usulan dibandingkan dengan rata-rata data aktual perusahaan, yaitu harga kecerahan produk perak.

Data Kecerahan Produk Perak		Kesimpulan
nilai t hitung	nilai t tabel	
4.99	2.533	H ₀ ditolak

Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksperimen dan analisis yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan:

1. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap sistem sebagai parameter proses pelapisan listrik adalah waktu pelapisan (mnt), tegangan/voltase (volt), suhu reaksi (°C) dan konsentrasi larutan elektrolit (%).
2. Rancangan usulan untuk hasil kecerahan lapis listrik pada produk kerajinan perak yang maksimal adalah kombinasi faktor A₃, B₃, AxB_{2.3}, AxB_{1.1}, C₃, D₂.. Dengan A₃ yaitu waktu pelapisan selama 4 menit, B₂ yaitu suhu reaksi sebesar 450 C, C₃ yaitu tegangan/voltase sebesar 6 volt, dan D₂ yaitu konsentrasi larutan elektrolit sebanyak 1,2%.

Saran

Penelitian yang dilakukan masih terbatas pada empat faktor kendali dan satu faktor tak terkendali dengan tiga level. Oleh karena itu diharapkan pada penelitian



selanjutnya menyertakan faktor-faktor lain yang berpengaruh pada proses lapis listrik yang belum disertakan pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Belavendram, N., 1995, *Quality By Design : Taguchi Techniques for Industrial Experimentation*, Prentice Hall, New York.
- Brimi, Marjorie A., 1965, *Electrofinishing*, American Elsevier Publishing Company, Inc., New York.
- Feigenbaum, A.V., 1992, *Kendali Mutu Terpadu*, Jilid I (terjemahan oleh Ir. Huda Kanda, M. S), edisi ketiga, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Fitria, Nana, 2009, *Analisis Metode Desain Eksperimen Taguchi dalam Optimasi Karakteristik Mutu*, Skripsi Matematika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang 2009, Malang.
- Mohsin, Yulianto, 2006, Perak, Situs Kimia Indonesia, http://www.chem-is-try.org/tabel_periodik/perak/ diakses Mei 2014.
- Mustopo, Y. Dwi., *Pengaruh Waktu Terhadap Ketebalan dan Adhesivitas Lapisan pada Proses Elektroplating Khrom Dekoratif Tanpa Lapisan Dasar, dengan Lapisan Dasar Tembaga dan Tembaga-Nikel*, Skripsi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret 2011, Surakarta.
- Naimah, Siti., Aviandharie, S. A., Ermawati, Rahyani., 2012, *Biosorben Limbah Bir DANTiO₂ –KARBONAKTIFTiO₂ –PPC untuk Penurunan Krom Limbah Cair Industri Elektroplating*, Jurnal Riset Industri Vol. VI No. 2, 2012, Jakarta.
- Nugroho, A. M. Yusuf., 2012, *Perancangan Parameter Proses Electroplating Handle Rem Sepeda Motor Untuk Maksimasi Tingkat Kecerahan*, Skripsi Teknik Industri Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta 2012, Yogyakarta.
- Nursubiyantoro, Eko, 2002, *Perancangan Parameter Proses Pemurnian Nira dengan Pendekatan Taguchi*, Skripsi Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta 2002, Yogyakarta.
- Nursubiyantoro, Eko, 2005, *Optimasi Proses Elektroplating Menggunakan Taguchi Multirespon*, Prosiding Seminar Nasional Optimasi Sistem Industri 2005, Yogyakarta.
- Peace, G. Stuart., 1993, *Taguchi Methods : A Hands-on Approach*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Massachusetts.
- Rasyad, A., Budiarto., 2011, *Pengaruh Waktu Electroplating dan Powdercoating NiCr terhadap Sifat Mekanis dan struktur Mikro pada Baja Karbon SPCC-SD*, Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir IV, 2011, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta.
- Roy, Ranjit K., *Design of Experiments Using The Taguchi Approach : 16 Steps to Product and Process Improvement*, John Wiley & Sons, Inc., Canada.
- Suarsana, I Ketut, 2008, *Pengaruh waktu Pelapisan Nikel pada Tembaga dalam Pelapisan Khrom Dekoratif terhadap Tingkat Kecerahan dan Ketebalan Lapisan*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM Vol. 2 No. 1, Juni 2008 (48-60), Bali.

