



**ANALISIS PENGGUNAAN METODE TAGUCHI DAN
DESIGN OF EXPERIMENT (DOE) DALAM
PENENTUAN FORMULASI YANG OPTIMAL PADA
PROSES *ELECTROPLATING***



UNI ADI PERMANA S
55319110043
MERCU BUANA

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCUBUANA
2021**



**ANALISIS PENGGUNAAN METODE TAGUCHI DAN
DESIGN OF EXPERIMENT (DOE) DALAM
PENENTUAN FORMULASI YANG OPTIMAL PADA
PROSES *ELECTROPLATING***

TESIS

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Program
Pascasarjana pada Program Studi Magister Teknik Industri**

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**
ADI PERMANA
55319110043

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCUBUANA
2021**

PENGESAHAN TESIS

Judul : Analisa Penggunaan Metode Taguchi Dan *Design Of Experiment*
(DOE) Dalam Penelitian Formulasi Yang Optimal Pada Proses
Electroplating

Nama : Adi Permana

NIM : 55319110043

Program Studi : Magister Teknik Industri

Tanggal : 13 September 2021

Mengesahkan
Pembimbing

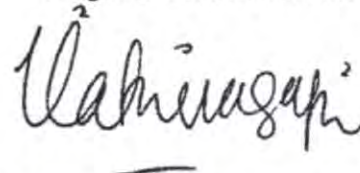
U N I H. HARIPAS A.S
MERCUBUANA
(Dr. Humiras Hardi Purba, M.T.)

Dekan Fakultas Teknik



(Dr. Ir. Mawardi Amin, M.T.)

Ketua Program Studi
Magister Teknik Industri



(Dr. Ir. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.)

PERNYATAAN *SIMILARITY CHECK*

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh

Nama : Adi Permana
NIM : 55319110043
Program Studi : Magister Teknik Industri

dengan judul

“Design of Experiment (DOE) Analysis with Response Surface Method to Optimize the Electroplating Parameter”,

telah dilakukan pengecekan *similarity* dengan sistem Turnitin pada tanggal 26/07/2021, didapatkan nilai persentase sebesar 26%.

Jakarta, 26 Juli 2021

Administrator Turnitin

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Arie Pangudi, A.Md

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa seluruh tulisan dan pernyataan dalam Tesis ini:

Judul : Analisis Penggunaan Metode Taguchi dan *Design Of Experiment* (DOE) Dalam Penentuan Formulasi Yang Optimal Pada Proses *Electroplating*
Nama : Adi Permana
N I M : 55319110043
Fakultas : Teknik - Program Studi Magister Teknik Industri
Tanggal : 13 September 2021

Merupakan hasil studi pustaka, penelitian, dan karya saya sendiri dengan arahan pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik Industri, Universitas Mercu Buana.

Tesis ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar magister (S2) pada program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data, serta hasil pengolahannya yang dituliskan pada tesis ini, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

Jakarta, 13 September 2021



10000
REPUBLIK INDONESIA
METERAN
TEMPER
CB17AJX432839402

Adi Permana

LEMBAR PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS

Tesis S2 yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di perpustakaan Universitas Mercu Buana, Kampus Menteng, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Universitas Mercu Buana. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin Pengarang dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh tesis haruslah seizin Direktur Program Pascasarjana UMB



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alamin. Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena hanya berkat rahmat, hidayah dan karunia-Nya lah akhirnya penulis berhasil menyelesaikan tesis dengan judul “Analisis penggunaan metode Taguchi dan *design of experiment* (DOE) dalam penentuan formulasi yang optimal pada proses *electroplating*”.

Tesis penelitian ini didasari atas minat dan semangat penulis untuk dapat membantu salahsatu usaha *electroplating* yang berskala kecil-menengah (UKM) agar senantiasa mampu mengoptimalkan proses produksi, menjaga kualitas pelanggan dan mampu bersaing dengan perusahaan lainnya.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada bapak Dr. Humiras Hardi Purba, M.T. selaku Dosen Pembimbing atas ketulusan hati dan kesabarannya dalam membimbing, mendukung dan mengarahkan penulis. Selain itu, terima kasih yang sebesar-besarnya juga penulis tujukan kepada:

1. Bapak Prof. Dr.Ir. Ngadino Surip, MS sebagai rektor universitas Mercubuana
2. Bapak Dr. Ir. Mawardi Amin, M.T., dekan fakultas teknik universitas Mercubuana
3. Ibu Dr. Ir. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T., ketua program studi magister teknik industri
4. Ibu Dr. Sawarni Hasibuan atas bimbingan dan diskusi-diskusinya pada mata kuliah bimbingan tesis sehingga sangat membantu dalam penyelesaian tesis ini.
5. Bapak Choesnul Jaqin PhD. atas bimbingan dan diskusi-diskusinya pada mata kuliah bimbingan tesis sehingga sangat membantu dalam penyelesaian tesis ini.
6. Bapak Dr. Ir. Herry Agung Prabowo, M.Sc. selaku dosen penguji yang sudah memberikan banyak masukan untuk perbaikan tesis ini
7. Ibu Dr. Lien Herliani Kusumah, SE., MT selaku dosen penguji yang sudah memberikan banyak masukan untuk perbaikan tesis ini

8. Bapak Gunjat Livalas Martin selaku pemilik dari CV. Sugoi Multi plating mandiri yang sudah berkenan memberikan kesempatan bagi penulis untuk melakukan penelitian di *workshop electroplating* CV. Sugoi
9. My dear, Jumiati. Istriku tercinta yang selalu membantu dengan sepenuh hati sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik
10. My children, Farid, Jihan dan Naya yang selalu menjadi penambah motivasi dalam menyelesaikan tesis ini
11. My family, Ibu dan bapak, kedua kakak dan adik yang selalu mendo'akan saya sehingga penyelesaian tesis ini senantiasa lancar dan tepat waktu
12. Rekan-rekan MTI-25 yang sering kali menjadi booster bagi penulis agar jangan sampai ketinggalan dalam penyelesaian tesis ini
13. Seluruh Staf Magister Teknik Industri Universitas Mercu Buana yang sudah membantu dalam kelancaran penulisan tesis ini, ibu Dwi, pak Arie dan petugas administrasi UMB lainnya.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk penelitian lanjutan di masa mendatang. Korespondensi dapat ditujukan kepada penulis lewat email adi.permana_ap@yahoo.com

Akhir kata, semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan kemajuan industri di Indonesia.

Karawang, 13 September 2021

Adi Permana

ABSTRAK

Variasi hasil suatu proses berdampak terhadap kualitas yang sering keluar dari batas spesifikasi, pada proses *electroplating*, variasi *thickness* menjadi masalah utama karena memerlukan pengerjaan ulang yang memakan waktu dan biaya, efeknya membuat pengiriman menjadi telat dan biaya produksi membengkak. Pada proses *electroplating* terdapat banyak faktor atau *variable* yang mempengaruhi *thickness* produk akhir akan sangat sulit untuk mendapatkan parameter yang optimal dari kombinasi faktor tersebut, dimulai sejak *trial run* hingga proses produksi, yang mana umumnya hanya menggunakan teknik *experiment* tradisional yang tidak mampu melihat interaksi antar faktor. *Design of Experiment* (DOE) dan metode Taguchi adalah sebuah pendekatan *experiment* yang *robust* dan mampu memberikan informasi interaksi antar faktor melalui bantuan statistik ANOVA yang mampu mengidentifikasi faktor apa saja yang berpengaruh dan dapat menentukan parameter optimal dari proses. Hasil penelitian menunjukkan faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap *thickness* (Ketebalan lapisan Nikel) yaitu faktor *electrolyte* (Konsentrasi larutan Nikel) yang membentuk pola *non-linear (quadratic)* di ikuti faktor durasi *electroplating* yang membentuk pola linier. Sedangkan parameter optimal proses *electroplating* di dapat pada nilai *electrolyte* 22 Bauhme, durasi waktu 5 menit dengan tegangan listrik pada 5 Volt dan luas permukaan maksimal di 415 cm². Kedua metode *experiment* (DOE dan Taguchi) menunjukkan hasil yang mendekati dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan, metode DOE memberikan hasil yang lebih detail dan akurat namun memerlukan jumlah trial 4x lebih banyak, sementara metode Taguchi menghasilkan hasil *experiment* yang cukup mendekati dan tentu saja memiliki keunggulan yaitu trial yang lebih cepat dan lebih murah.

Kata kunci: *Experiment*, DOE, Taguchi, *Process Optimization*

ABSTRACT

A process variation will impact to the product quality (out of customer spec). In electroplating process, a thickness variation is the main issue that required to rework and there is an additional cost and time, lead to late delivery and higher production cost. There is some difficulty to determine the optimum parameter in electroplating process with many variables or factor that impacted to the thicknes, they use traditional experiement both during trial run and production . The traditional way is unable to determine the interaction between factors that lead to wrong decision on determining the optimum parameter. Design of Experiment (DOE) and Taguchi method are a robust experiment approach, they able to determine the interaction between factors and give detail information related to the interaction that allowing us to determine the optimum parameter thanks to the ANOVA method use in the statistical analysis. The result of this research showed that the electrolyte is the significant factor with non-linier pattern (quadratic line), followed by electroplating duration. The optimum parameter achieved at the specific factor of electrolyte at 22 Bauhme with duration 5 minutes, the voltage set at 5 Volt and surface area at 415 cm². Both method DOE and Taguchi shown a similar result with each strong and weak point. DOE experiment is given more specific, detail and more accurate result, However DOE required more number of trial (4 times), meanwhile Taguchi can show a quite similar result with less sample, faster experiment and cheaper compare to DOE trial.

Keyword: Experiment, DOE, Taguchi, Process Optimization

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN SIMILARITY CHECK.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
LEMBAR PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	4
1.4 Batasan dan Asumsi Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kajian Pustaka	6
2.1.1 Design of Experiment (DOE).....	6
2.1.2 Response Surface Methodology (RSM).....	11
2.1.3 Metode Taguchi.....	12
2.1.4 Proses Electroplating	14
2.2 Penelitian Terdahulu dan SOTA	16
2.2.1 Penelitian terdahulu	16
2.2.2 SOTA (State Of The Art)	20

2.3 Kerangka Berpikir	22
2.4 Pengembangan Hipotesis	23
BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1 Jenis dan Desain Penelitian	24
3.2 Jenis dan Sumber Data Penelitian	24
3.3 Teknik Pengumpulan Data	25
3.4 Populasi dan Sampel	26
3.5 Teknik Analisis Data	26
3.6 Langkah-Langkah Penelitian	27
BAB IV HASIL DAN ANALISIS	29
4.1 Profil Perusahaan.....	29
4.2 Pemetaan Proses Electroplating	29
4.3 Parameter Awal <i>Electroplating</i>	32
4.4 Data Hasil <i>Experiment</i>	33
4.5 Data Analisis (Data DOE).....	34
4.6 Data Analisis Statistik (ANOVA)	37
4.7 Response Optimizer (DOE).....	38
4.8 Data Analisis (Data Taguchi)	40
4.9 Taguchi <i>Prediction Result</i>	42
BAB V PEMBAHASAN	44
5.1 Temuan Utama	44
5.1.1 Faktor yang berpengaruh terhadap <i>thickness</i>	44
5.1.2 Formulasi yang tepat dan optimal	46
5.1.3 Perbandingan Hasil DOE & Taguchi	48
5.1.4 Validasi Hasil Optimal (<i>Repeatability</i>)	48
5.1.5 Validasi Hasil Optimal (<i>1 Sample T-Test</i>).....	50

5.1.6 Hasil Uji Hipotesis	51
5.2 Penelitian Sebelumnya	51
5.3 Implikasi Industri	52
5.4 Keterbatasan penelitian	52
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	54
6.1 Kesimpulan.....	54
6.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....	56
LAMPIRAN.....	63
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	68



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pertumbuhan produksi tahun 2019 (BPS).....	3
Gambar 2.1 Hasil OFAT pada percobaan Golf	7
Gambar 2.2 Hasil <i>Fractional factorial design</i> pada percobaan Golf.....	8
Gambar 2.3 Data publikasi ilmiah dengan topik DOE	10
Gambar 2.4 Data publikasi ilmiah DOE berdasarkan bidang keilmuan	10
Gambar 2.5 Kurva RSM	11
Gambar 2.6 Bagan proses <i>electroplating</i> (Poyner).....	14
Gambar 2.7 Contoh proses <i>electroplating</i> sederhana (Poyner)	15
Gambar 2.8 Diagram Kerangka berpikir.....	22
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> penelitian	28
Gambar 4.1 Proses <i>electroplating</i>	29
Gambar 4.2 <i>Chamber electroplating</i> Nikel.....	30
Gambar 4.3 Proses <i>electroplating (experiment - DOE)</i>	31
Gambar 4.4 Produk hasil <i>electroplating (Cylinder part)</i>	31
Gambar 4.5 Pengukuran <i>thickness</i> dengan <i>thickness gauge</i> digital.....	32
Gambar 4.6 Minitab <i>worksheet</i> DOE.....	35
Gambar 4.7 Pengolahan data dengan minitab DOE.....	36
Gambar 4.8 <i>Main effect plot</i> DOE	36
Gambar 4.9 <i>Surface plot analysis</i> DOE	37
Gambar 4.10 ANOVA <i>result</i> DOE	38
Gambar 4.11 <i>Response optimizer</i> DOE	39
Gambar 4.12 <i>Response optimizer result</i> DOE	39
Gambar 4.13 Minitab <i>worksheet</i> Taguchi.....	40
Gambar 4.14 Pengolahan data dengan minitab Taguchi.....	40
Gambar 4.15 <i>Main effect plot</i> Taguchi	41
Gambar 4.16 Fitur Taguchi <i>prediction result</i>	42
Gambar 4.17 Hasil Taguchi <i>prediction result</i>	43

Gambar 5.1 <i>Interaction plot fitted means DOE</i>	44
Gambar 5.2 Parameter optimal Taguchi	45
Gambar 5.3 <i>Response optimizer</i> sesuai dengan target kapasitas produksi.....	47
Gambar 5.4 <i>Response optimizer optimal DOE</i>	47
Gambar 5.5 <i>Probaility plot validation DOE</i>	49
Gambar 5.6 <i>Graphical summary validation DOE</i>	50
Gambar 5.7 <i>1 sample t-test validation DOE</i>	50



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Orthogonal array</i> $L_8 (2^7)$	13
Tabel 2.2 Contoh jenis pelapisan logam	16
Tabel 2.3 Penelitian terdahulu.....	16
Tabel 2.4 SOTA (<i>State Of The Art</i>)	20
Tabel 3.1 List Variabel/faktor <i>experiment</i>	25
Tabel 3.2 Jumlah sampel percobaan (<i>Experiment</i>)	26
Tabel 3.3 Rumus ANOVA satu arah.....	27
Tabel 4.1 Parameter awal (<i>baseline parameter</i>).....	32
Tabel 4.2 Data hasil <i>experiment</i> DOE	33
Tabel 4.3 Data hasil <i>experiment</i> Taguchi.....	34
Tabel 5.1 Target variabel untuk meningkatkan kapasitas.....	46
Tabel 5.2 Perbandingan parameter optimal hasil DOE vs Taguchi	48
Tabel 5.3 Hasil validasi parameter optimal (DOE).....	49
Tabel 5.4 Hasil uji hipotesis (ANOVA).....	51



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Orthogonal array</i> level 2.....	64
Lampiran 2. <i>Orthogonal array</i> level 3.....	65
Lampiran 3. <i>Orthogonal array</i> level 4.....	66
Lampiran 4. <i>Orthogonal array</i> level 5.....	67

