

## Metode Taguchi Untuk Optimasi Proses *Engraving* CNC Router G-Weike WK1212 untuk Kayu Mahoni

### Taguchi Method For Engraving Process Optimization CNC Router G-Weike WK1212 for Mahogany

Nur Alfathan Banoel<sup>1</sup>, Dewa Kusuma Wijaya<sup>2\*</sup>, Tita Talitha<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Industri Universitas Dian Nuswantoro Semarang  
Jl. Imam Bonjol No.207 Semarang 50131

Email: nuralfathanbanoel08@gmail.com, dewa.kuja@dsn.dinus.ac.id,  
tita.talitha@dsn.dinus.ac.id

#### ABSTRAK

Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya dengan objek permesinan CNC Router G-Weike WK1212 namun ditujukan untuk optimalisasi seting proses *engraving*. Permasalahan penelitian ini terletak pada seting operasional mesin yang masih berdasarkan perkiraan atau asumsi. Penelitian ini menggunakan metode Taguchi untuk mengetahui seting optimal dari mesin CNC Router tersebut untuk proses *engraving* terhadap material kayu mahoni. Parameter uji penelitian ini adalah waktu proses, suhu mata pahat, dimensi panjang, lebar dan *depth* hasil proses. Mata pahat yang digunakan berjenis *conical* dengan diameter 3mm. Hasil penelitian ini didapatkan nilai *level* seting optimal terletak pada *spindle speed* 8 step, *motion speed* 7 step dan *depth per cut* 0.5mm.

**Kata Kunci:** CNC Router, *Conical* 3mm, *Engraving*, Optimasi, Taguchi

#### Abstract

This research uses the G-Weike WK1212 CNC Router machining object to optimize the engraving process settings. The problem of this research lies in the operational settings of the machine which are still based on estimates or assumptions. This study uses the Taguchi method to determine the optimal setting of the CNC Router machine for the engraving process of mahogany wood material. The test parameters of this research are processing time, tool temperature, length, width and depth dimensions of the process. The chisel used is a conical type with a diameter of 3mm. The results of this study obtained that the optimal level setting value lies in the spindle speed of 8 steps, motion speed of 7 steps and depth per cut of 0.5mm.

**Keyword:** CNC Router, *Conical* 3mm, *Engraving*, *Optimization*, *Taguchi*

#### Pendahuluan

Mesin *Computer Numerical Control* (CNC) adalah sistem otomatisasi mesin perkakas yang dioperasikan dengan perintah yang diprogram secara abstrak yang disimpan di penyimpanan sesuai standar ISO. Mesin CNC yang digunakan dalam penelitian ini adalah Mesin CNC Router Merk G-Weike Tipe WK1212 seperti pada **gambar 1**.



Gambar 1. Mesin CNC Router Merk G-Weike Tipe WK1212

Mata pahat yang biasa digunakan untuk melakukan proses ukir atau dikenal dengan proses *engraving* sebuah produk adalah mata pahat *conical* agar diperoleh hasil ukiran yang baik. Penelitian ini menggunakan mata pahat *conical* dengan diameter 3mm.

Penelitian ini dilakukan oleh karena tidak terdapat acuan baku atau prosedur standar dalam melakukan seting *level* pada mesin CNC Router tipe G-Weike WK1212 dengan parameter seting berupa kecepatan putaran motor mata pahat atau *spindle speed*, kecepatan pergerakan atau *motion speed*, dan kedalaman potong per pergerakan atau *depth of per cut* melalui seting proses di panel kontrol terhadap proses *engraving*. Penelitian ini menggunakan objek material berjenis kayu mahoni untuk dilakukan proses *engraving*. Sejauh ini operasi permesinan CNC Router tersebut untuk proses *engraving* hanya berdasarkan perkiraan atau asumsi untuk seting *level* setiap parameternya. Hal ini tentu saja mengakibatkan kualitas produk kurang optimal, mata pahat *conical* cepat aus bahkan patah, dan motor pada mesin yang terkadang dipaksakan kinerjanya oleh karena seting mesin yang tidak optimal sehingga perlu adanya upaya untuk optimasi *level* seting parameter tersebut.

Penelitian ini melanjutkan penelitian sebelumnya namun ditujukan untuk proses *engraving* menggunakan metode Taguchi, dimana metode tersebut merupakan salah satu bagian dari *Design of Experiment* (DoE). Penelitian menggunakan metode Taguchi pernah dilakukan sebelumnya untuk optimasi pada proses injeksi permesinan (Wahjudi dan San, 2001). Metode Taguchi juga digunakan untuk optimasi pada operasi permesinan CNC Milling (Vishnu *et al.*, 2017). Selanjutnya, optimasi proses *engraving* dilakukan menggunakan metode *mixture design* dengan optimasi multi plot namun pada objek CNC Laser G-Weike LC6090 (Wijaya dan Izzhati, 2019).

Optimasi dengan mesin G-Weike Router WK1212 dilakukan namun untuk proses *cutting* dengan beberapa parameter yang sederhana yaitu waktu proses, dimensi panjang, lebar dan kedalaman potong (Wijaya *et al.*, 2020). Kemudian di tahun yang sama penelitian pada objek mesin CNC Router tersebut dikembangkan dengan parameter yang lebih luas yaitu suhu dan tingkat *cracking* pada mata pahat namun menggunakan mata pahat berjenis *end mill* 3 mm berbahan *tungsten carbide* (Suprijono dan Wijaya, 2020).

*Design of Experiment* (DoE) adalah metode perencanaan, pelaksanaan, analisis dan interpretasi pengujian terkontrol untuk mengevaluasi faktor dari parameter (Montgomery, 2013). Pada DoE terdapat beberapa metode seperti *screening design*, *factorial design*, *response surface*, *mixture design*, dan taguchi. Metode Taguchi bertujuan untuk menghasilkan nilai optimasi yang lebih baik pada

suatu komposisi faktor serta untuk merencanakan rancangan produk dan prosesnya agar sesuai dengan target yang sudah ditentukan (Genichi *et al.*, 2005).



Gambar 2. Sampel Hasil Uji Mesin CNC Router G-Weike WK1212

Pada mesin CNC Router ini seting faktor *spindle speed* dan *motion speed* pada mesin adalah bernilai bulat atau tidak bisa di-*adjust* secara manual sampai dengan nilai desimal, sedangkan pada faktor *depth of per cut* nilai setingnya dapat di-*adjust* sampai nilai decimal terkecil. Sehingga metode yang sesuai dengan kondisi tersebut adalah Taguchi dimana komposisi faktor dengan nilai bulat maupun desimal dapat dikombinasikan.

Menggunakan metode Taguchi diharapkan akan diperoleh kombinasi *level* seting *motion speed*, *spindle speed*, dan *depth of per cut* yang optimal sehingga dapat mengurangi jumlah cacat pada produk, meningkatkan *life time* mata pahat dan motor pada mesin serta efisiensi mesin CNC tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi parameter-parameter yang berpengaruh menggunakan KPI (*Key Performance Indicator*) dan menentukan nilai setting optimal menggunakan metode Taguchi berdasarkan parameter-parameter di atas.

## Metode Penelitian

Pada metode Taguchi terdapat beberapa tahap yaitu menentukan kontrol terhadap faktor dan *level*, menentukan respon, menentukan *orthogonal array*, menentukan *signal to noise* dan melakukan uji ANOVA. Data faktor yang digunakan yaitu *spindle speed*, *motion speed* dan *depth per cut*. Kemudian parameter respon yang diukur adalah waktu proses, panjang, lebar, *depth* dan suhu pada mata pahat.

Instrumen dari penelitian ini terdiri atas *stopwatch* untuk mengukur waktu proses, *vernier caliper* digital untuk mengukur dimensi panjang dan lebar, *depth gauge* untuk mengukur *depth*, *thermo gun* untuk mengukur suhu mata pahat, *software CAD* digunakan untuk menggambar desain,

software CAM yaitu UcanCAM digunakan untuk perancangan *toolpath* dan *gcode* dari desain yang telah dibuat, kemudian software optimasi digunakan untuk mengolah data menggunakan metode Taguchi.

**Hasil dan Pembahasan**

**Penentuan Kontrol Faktor**

Dalam penentuan faktor diperoleh dari seting pada mesin CNC Router G-Weike WK1212 itu sendiri yaitu *spindle speed*, *motion speed* dan *depth per cut*. Menggunakan metode Taguchi dengan kombinasi faktor L4 maka level faktor *spindle speed* yang digunakan yaitu 2 dan 8, level faktor *motion speed* yang digunakan yaitu 1 dan 7 kemudian level faktor *depth per cut* yang digunakan yaitu 0,25 dan 0,5. Sedangkan kombinasi faktor L16 maka level faktor *spindle speed* yang digunakan yaitu 2, 4, 6, dan 8, level faktor *motion speed* yang digunakan yaitu 1, 3, 5, dan 7 kemudian level faktor *depth per cut* yang digunakan yaitu 0,25 dan 0,5.

**Penentuan Respon**

Setelah dilakukan penentuan hasil faktor dan level kemudian dilanjutkan dengan penentuan respon, Penentuan parameter respon penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan observasi pendahuluan dalam setiap kegiatan operasional

mesin CNC Router tersebut. Adapun parameter respon yang ditentukan yaitu waktu proses (menit), suhu (*celsius*), *depth* (mm), panjang (cm) dan lebar (cm).

**Penentuan Orthogonal Array**

*Orthogonal array* adalah sebuah *tool* untuk menentukan banyaknya percobaan yang akan dilakukan dalam metode Taguchi. Menggunakan *orthogonal array* jumlah percobaan bisa disesuaikan sesuai dengan kebutuhan penelitian. Terdapat banyak kombinasi dalam *orthogonal array* namun dalam penelitian ini menggunakan kombinasi L4 dan L16 hal ini dikarenakan kombinasi tersebut teridentifikasi mampu mengakomodasi kombinasi komposisi level seting pada faktor yang memiliki nilai bulat dan desimal. Dimana untuk faktor *spindle speed* terdapat 7 level, *motion speed* terdapat 7 level, dan *depth per cut* terdapat 2 level yaitu 0.25 dan 0.5 maka *orthogonal array* yang sesuai adalah L4 dan L16.

**Hasil Percobaan**

Tabel 1 dan tabel 2 merupakan percobaan yang diambil berdasarkan L4 dan L16 dengan respon waktu, *depth*, panjang, lebar dan suhu dari setiap level seting. X1 merupakan *spindle speed*, X2 merupakan *motion speed*, dan X3 merupakan *depth per cut*.

Tabel 1. Hasil percobaan L4

No	X1	X2	X3	Waktu (Menit)	Depth (mm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Suhu (°C)
1	2	1	0.25	47.53	0.45	5.10	5.10	35.4
2	2	7	0.50	6.19	0.77	5.25	5.25	33.1
3	8	1	0.50	42.40	0.55	5.30	5.35	33.6
4	8	7	0.25	7.10	0.38	5.10	5.20	36.3

Tabel 2. Hasil percobaan L16

No	X1	X2	X3	Waktu (Menit)	Depth (mm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Suhu (°C)
1	2	1	0.25	47.53	0.45	5.10	5.10	35.4
2	2	3	0.25	16.13	0.52	5.15	5.20	35.5
3	2	5	0.50	8.38	0.57	5.20	5.15	33.1
4	2	7	0.50	6.19	0.77	5.25	5.25	33.1
5	4	1	0.25	47.54	0.29	5.10	5.10	36.2
6	4	3	0.25	16.12	0.45	5.15	5.20	35.9
7	4	5	0.50	8.40	0.55	5.20	5.25	33.5
8	4	7	0.50	6.19	0.52	5.15	5.20	33.4
9	6	1	0.50	42.50	0.53	5.25	5.20	32.9



10	6	3	0.50	14.11	0.73	5.15	5.15	32.7
11	6	5	0.25	9.44	0.80	5.15	5.15	34.8
12	6	7	0.25	7.10	0.25	5.10	5.10	35.5
13	8	1	0.50	42.40	0.55	5.30	5.35	33.6
14	8	3	0.50	14.27	0.50	5.25	5.20	33.7
15	8	5	0.25	9.41	0.60	5.15	5.20	34.1
16	8	7	0.25	7.10	0.38	5.10	5.20	36.3

**Menentukan Signal to Noise**

Setelah dilakukanya percobaan dan diperoleh hasil uji berdasarkan kombinasi L4 dan L16 di atas, selanjutnya menentukan *signal to noise*.

**Signal to Noise L4**

Berdasarkan analisis Taguchi terhadap parameter respon suhu mata pahat, lebar, panjang, dan waktu proses serta parameter faktor *spindle speed*, *motion speed*, dan *depth per cut* maka akan diketahui nilai *signal to noise ratio*. Selanjutnya, nilai *ratio* tersebut dipilih berdasarkan *smaller is better* atau pengambilan pilihan untuk cacat yang paling sedikit dan akan dipilih signal yang tertinggi untuk *noise* yang paling kecil.

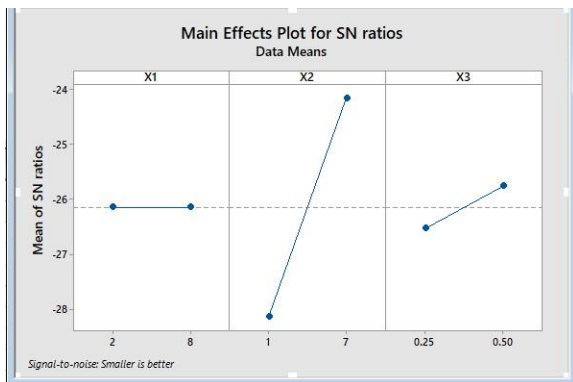
**Response Table for Signal to Noise Ratios**

Smaller is better

Level	X1	X2	X3
1	-26.15	-28.14	-26.53
2	-26.15	-24.15	-25.76
Delta	0.00	3.99	0.77
Rank	3	1	2

Gambar 3. Output Signal to Noise L4

**Gambar 3** merupakan hasil dari hasil olah data dengan bantuan *software* untuk *orthogonal array L4* dan diperoleh nilai *signal to noise ratio*.



Gambar 4. Grafik Main Effects Plot SN Ratios L4

Kemudian dilanjut dengan plot grafik *main effect sn ratio L4* pada **gambar 4**. Pada *orthogonal array L4* diperoleh nilai hasil *level seting* yang terbaik yaitu pada *spindle speed* sebesar 2 *step* dan 8 *step*, *motion speed* sebesar 7 *step* dan *depth per cut* sebesar 0.5 mm.

**Signal to Noise L16**

Dari hasil olah data dengan bantuan *software* untuk *orthogonal array L16* diperoleh nilai *signal to noise ratio* pada **gambar 5**.

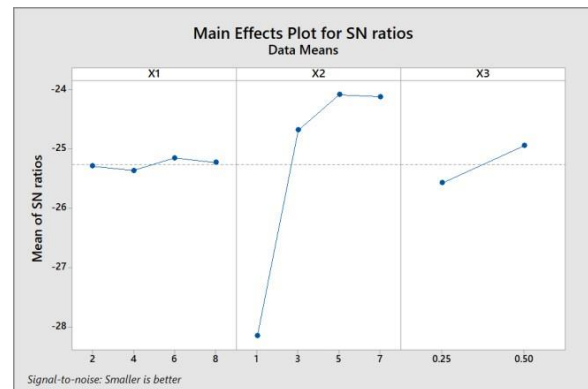
**Response Table for Signal to Noise Ratios**

Smaller is better

Level	X1	X2	X3
1	-25.29	-28.15	-25.57
2	-25.36	-24.68	-24.95
3	-25.15	-24.08	
4	-25.23	-24.12	
Delta	0.21	4.06	0.62
Rank	3	1	2

Gambar 5. Output Signal to Noise L16

Pada *orthogonal array L16 level seting* terbaik yang digunakan adalah *spindle speed* sebesar 6 *step*, *motion speed* sebesar 5 *step* dan *depth per cut* sebesar 0.5 mm. Plot grafik *main effect sn ratio L16* dapat dilihat pada **gambar 6**. Pada grafik tersebut dipilih titik yang tertinggi yang artinya semakin tinggi nilai *signal* maka semakin kecil *noise*.



Gambar 6. Grafik Main Effects Plot SN Ratios L16

**Analysis of Variance (ANOVA)**

Setelah diketahui nilai dari *signal to noise ratio* menggunakan bantuan *software*, maka selanjutnya dilakukan uji ANOVA untuk kedua *orthogonal array*.

**ANOVA L4**

Pada ANOVA L4, hasil yang paling berpengaruh pada adalah faktor *depth per cut* (X3) dikarenakan nilai *seq ss* sebesar 6.25 dengan besaran *contribution* sebesar 92.18%. Untuk hasil ANOVA L4 dapat dilihat pada **gambar 7**.

**Analysis of Variance**

Source	DF	Seq SS	Contribution
X1	1	0.49000	7.23%
X2	1	0.04000	0.59%
X3	1	6.25000	92.18%
Error	0	*	*
Total	3	6.78000	100.00%

Gambar 7. Output ANOVA L4

**ANOVA L16**

Pada ANOVA L16, hasil faktor yang paling berpengaruh sama dengan L4 yaitu *depth per cut* (X3) namun dengan besaran nilai *seq ss* 19.581 dengan hasil *contribution* sebesar 80.91%. Untuk hasil ANOVA L16 dapat dilihat pada **gambar 8**.

**Analysis of Variance**

Source	DF	Seq SS	Contribution
X1	3	1.247	5.15%
X2	3	1.267	5.24%
X3	1	19.581	80.91%
Error	8	2.105	8.70%
Total	15	24.199	100.00%

Gambar 8. Output ANOVA L16

**ANOVA L4-1 dan L4-2**

Dikarenakan komposisi dari nilai *level* seting *spindle speed* di *orthogonal array* L4 terdapat dua maka dilakukan pemisahan untuk mengetahui nilai *level* seting *spindle speed* mana yang lebih optimal. dimana untuk L4-1 untuk *spindle speed* sebesar 2 *step* dan L4-2 untuk *spindle speed* sebesar 8 *step*. **Tabel 3** merupakan perbandingan L4-1 dan L4-2.

Tabel 3. Perbandingan L4-1 dan L4-2

Faktor/Respon	L4-1	L4-2
Spindle	2.00	8.00
Motion	7.00	7.00
Depth per cut	0.50	0.50
Waktu	6.19	6.19

Depth	0.77	0.67
Panjang	5.25	5.25
Lebar	5.25	5.20
Suhu mata pahat	33.1	33.10

*Level* seting L4-1 adalah *spindle speed* 2 *step*, *motion speed* 7 *step*, dan *depth per cut* 0.5 mm, sedangkan untuk L4-2 *level* seting *spindle speed* 8 *step*, *motion speed* 7 *step*, dan *dept per cut*. Untuk hasil ANOVA dapat dilihat pada **gambar 9**.

**Analysis of Variance**

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C2	1	2.14	2.139	0.02	0.891
Error	14	1551.21	110.800		
Total	15	1553.34			

Gambar 9. Output ANOVA L4-1 dan L4-2

Pada gambar 9 dapat dilihat bahwa nilai P-Value sebesar 0.891 sedangkan alfa sebesar 0.05 maka nilai  $H_0$  diterima, yang artinya pemilihan metode tidak berpengaruh dalam proses. Pada **gambar 10** terdapat standar deviasi pada L4-1 sebesar 10.64 dan L4-2 sebesar 10.41 yang artinya nilai eror terkecil terdapat pada L4-2, sehingga L4-2 dipilih untuk mewakili *orthogonal array* L4. Kemudian dilanjutkan dengan menentukan perbandingan antara *orthogonal array* L4 dan L16.

**Means**

C2	N	Mean	StDev	95% CI
l4 1	8	7.51	10.64	(-0.47, 15.49)
l4 2	8	8.24	10.41	(0.26, 16.22)

Gambar 10. Mean dan Standar Deviasi L4-1 dan L4-2

**ANOVA L4 dan L16**

Hasil uji ANOVA terhadap L4 dan L16 dapat dilihat pada **tabel 4**.

Tabel 4. Perbandingan L4 dan L16

Faktor/Respon	L16	L4
Spindle	6.00	8.00
Motion	5.00	7.00
Depth per cut	0.50	0.50
Waktu	8.37	6.19
Depth	0.60	0.67
Panjang	5.35	5.25
Lebar	5.20	5.20
Suhu mata pahat	33.40	33.10

Hasil uji di atas kemudian dianalisis menggunakan ANOVA. Hasil dari ANOVA diketahui bahwa pada L16 *level* seting optimal untuk *spindle speed* sebesar 6 *step*, *motion speed* 5 *step*, dan *depth per cut* 0.5 mm. Pada L4 *level* seting optimal diketahui untuk *spindle speed* sebesar 8 *step*, *motion speed* 7 *step*, dan *depth per cut* 0.5 mm.



Adapun hasil ANOVA tersebut tersaji pada gambar 11.

**Analysis of Variance**

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C2	1	0.14	0.01%	0.14	0.139	0.00	0.972
Error	14	1543.36	99.99%	1543.36	110.240		
Total	15	1543.50	100.00%				

Gambar 11. Output ANOVA L4 dan L16

Hasil uji tersebut disimpulkan bahwa nilai P-Value adalah 0.0972 dengan alfa sebesar 0.05 maka nilai Ho diterima, artinya pemilihan metode tidak berpengaruh dalam proses.

**Means**

C2	N	Mean	StDev	95% CI
L16	8	8.05	10.58	(0.09, 16.01)
L4	8	8.24	10.41	(0.28, 16.20)

Gambar 12. Mean dan Standar Deviasi L4 dan L16

**Gambar 12** merupakan standar deviasi untuk L16 sebesar 10.58 dan L4 adalah 10.41 yang artinya nilai *error* terkecil terdapat pada L4, sehingga L4 terpilih pada metode Taguchi.

**Kesimpulan**

Parameter yang berpengaruh dalam penelitian ini terdapat dua yaitu parameter uji dan parameter respon. Parameter uji terdiri atas *spindle speed*, *motion speed* dan *depth per cut*. Parameter respon terdiri dari suhu mata pahat, waktu proses, dimensi panjang, lebar, dan *depth* dari hasil proses. Nilai seting yang optimal dari hasil penelitian ini untuk proses *engraving* permesinan CNC Router G-Weike WK1212 menggunakan mata pahat berjenis conical 3 mm terhadap material kayu mahoni adalah *spindle speed* sebesar 8 *step*, *motion speed* sebesar 7 *step*, dan *depth per cut* sebesar 0.5 mm.

**Ucapan Terima Kasih**

Peneliti mengucapkan banyak terima kasih kepada Laboratorium Sistem Produksi yang dimiliki oleh Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro atas segala bentuk dukungannya dalam menyediakan segala bentuk fasilitas dan peralatan penunjang kegiatan penelitian yang mencakup alat kerja, alat bantu kerja, alat ukur, material dan terutama mesin CNC Router tipe G-Weike WK1212 sebagai objek penelitian.

**Daftar Pustaka**

Wahjudi, D. dan San G. S. (2001). Optimasi Proses Injeksi Dengan Metode Taguchi. *Jurnal Teknik Mesin*. vol.3, no.1, pp. 24-28, 2001.

Vishnu, M. V., Sankaraiah, G., Yohan. M, dan Rao. H. J. (2017). Optimization of Parameters in CNC milling of P20 steel using Response Surface methodology and Taguchi Method. *Materials Today*. vol.4, pp.9163–9169.

Wijaya. D. K. dan Izzhati. D. N. (2019). Optimasi Setup Proses Engraving CNC Laser Cutting Material Akrilik Menggunakan Simplex Centroid Design dan Optimasi Respon. *DINAREK*. vol.15, no.1, pp.1-9.

Wijaya. D. K, Suprijono. H dan Nugroho D. S.. (2020). Optimasi Proses Cutting Mesin CNC Router G-Weike WK1212 dengan Metode Full Factorial Design dan Optimasi Plot Multi Respon. *PASTI*, vol.14, no.1, pp.1-14.

Suprijono. H dan Wijaya. D. K. (2020). Optimasi Permesinan CNC Router untuk Proses Cutting Material Kayu Mahoni Menggunakan Mata Pahat End Mill 3 mm Tungsten Carbide. *Jurnal Keilmuan Teknik Industri*, vol.10, no.3, pp.227-239.

Montgomery C. D. (2013). *Design and Analysis of Experiment, Eight Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.

Genichi T., Subir C., dan Yuin W. (2005). *Taguchi's Quality Engineering Handbook*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.

