

Perancangan *Setting Level* Optimal dan Penentuan *Quality Loss Function* pada Pembuatan Tegel dengan Metode Taguchi

Dewi Marlina, Eko Pujiyanto dan Cucuk Nur Rosidi

Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

Abstract

Taguchi method is one of methodology that used in off-line quality control activity on the product and process design phase. Tile company that made flowers motif tile which have 30 cm long, 30 cm wide and 3.5 cm thickness often found a product that have under company product quality standard. The aim's of the research are to define the influence factors of quality design, to determine the optimum conditions of control factors so that the product is least sensitive to uncontrollable factors (noise factors) such a wear, aging and ambient conditions and to count quantitative evaluation of quality loss function due to functional variation.

Keywords : *Taguchi methods, optimum setting level and quality loss function.*

1. Latar Belakang

Kegiatan pengendalian kualitas pada dasarnya merupakan keseluruhan kumpulan aktivitas, dimana untuk mencapai kondisi produk yang dihasilkan harus sesuai yang diinginkan oleh konsumen. Pengendalian kualitas untuk mencapai produk yang mampu memenuhi harapan dan memuaskan keinginan pelanggan diperlukan perencanaan yang seksama, yang meliputi pemakaian peralatan yang sesuai, inspeksi yang terus menerus dan tindakan korektif bilamana diperlukan. Dengan demikian hasil yang diperoleh dari kegiatan pengendalian kualitas dapat memenuhi standar yang telah direncanakan sebelumnya.

Salah satu cara mengendalikan kualitas produk dapat dilaksanakan pada saat merancang produk itu sendiri beserta proses pembuatannya, yaitu perencanaan kualitas dengan ditentukan terlebih dahulu kriteria dan spesifikasi yang diinginkan sebelum membuat produk sehingga produk yang dihasilkan dapat memberikan kepuasan terhadap konsumen.

Perusahaan yang kurang baik dalam merencanakan rancangan kualitas secara optimal seringkali menghasilkan produk yang kualitasnya berada dibawah standar karena tidak sesuai dengan harapan dari konsumen. Sedangkan perusahaan yang melakukan perancangan kualitas secara terfokus akan memperoleh keuntungan antara lain (a) mengurangi kehilangan–kehilangan proses kerja yang dilakukan seperti mengurangi *product waste*, (b) menjaga agar penjualan tetap meningkat atau setidaknya stabil sehingga dapat meningkatkan potensi daya saing, (c) menambah tingkat efisiensi dan produktivitas kerja (d) menambah reliabilitas produk yang dihasilkan.

Metode Taguchi dalam mengatasi masalah tersebut melakukan perancangan eksperimen agar supaya diperoleh nilai *setting level* proses pembuatan tegel yang tepat, sehingga mendapatkan hasil cetakan yang berkualitas. Dengan demikian pendekatan masalah ini

dilakukan dengan menggunakan perancangan kokoh (*robust design*) yang berprinsip pada peningkatan kualitas.

Proses pembuatan tegel di P.T DIAN JAYA sering ditemukan produk dengan kualitas yang tidak memenuhi standar kualitas perusahaan. Selama ini dalam proses produksinya banyak ditemukan hasil cetak yang tidak memenuhi standar sehingga inspeksi harus sering dilakukan agar kualitas produk tetap terjaga. Berdasarkan kondisi pada masalah yang ada, maka dapat dirumuskan permasalahan yang terjadi, yaitu bagaimana menentukan *setting level* parameter proses pembuatan tegel yang optimal berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh pada perancangan kualitas serta *quality loss function* yang terjadi akibat adanya variansi produk dengan metode Taguchi.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Metode Taguchi

Metode taguchi adalah salah satu metode yang digunakan dalam kegiatan *off line quality control* pada tahap desain proses produksi, yang dimaksud dengan *off line quality control* adalah aktivitas pengendalian kualitas dalam perancangan produk. Dengan kata lain *off line quality control* adalah pengendalian secara preventif, *off line quality control* dilakukan pada saat awal untuk menghasilkan produk dengan kualitas tinggi. Produk dengan kualitas yang baik berarti variasi produk kecil untuk segala kondisi dari faktor tidak terkendali.

Taguchi menekankan bahwa cara terbaik untuk meningkatkan kualitas adalah merancang kualitas ke dalam produk yang dimulai sejak tahap desain produk sehingga dengan perancangan produk yang *robust* akan dihasilkan produk yang *robust* pula.

2.2 Faktor-Faktor Dalam Perancangan Kualitas

Dalam melaksanakan perancangan kualitas diperlukan data–data yang berkaitan dengan proses pembuatan produk dan faktor–faktor yang berpengaruh untuk menentukan rancangan pelaksanaan eksperimen. Faktor–faktor yang mempengaruhi karakteristik itu sendiri dibedakan menjadi dua yaitu :

1. Faktor terkendali, yaitu parameter yang nilainya dapat dikontrol oleh ahli rekayasa desain.
2. Faktor tak terkendali (*noise*), yaitu parameter yang nilainya sulit atau mahal untuk dikendalikan.
3. Faktor *signal*, yaitu parameter-parameter yang berupa *signal*. Jika *signal* konstan disebut karakteristik statis dan jika *signal* mempunyai nilai berubah-ubah disebut karakteristik dinamis. Faktor ini tidak diatur oleh ahli rekayasa desain melainkan oleh pengguna berdasarkan kondisi yang ada pada saat itu.
4. Faktor skala (*adjustment factors*), yaitu faktor yang berupa skala.

2.3 Signal To Noise Ratio (SNR)

Dalam perancangan dan pembuatan produk tidaklah mudah untuk menghasilkan suatu produk yang seragam atau sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Seringkali dalam memproduksi timbul variansi dari produk yang tidak diinginkan atau tidak memiliki fungsi sebagaimana mestinya yang disebabkan oleh faktor-faktor tertentu. Hal tersebut dinamakan *noise factor* yang dapat dikategorikan menjadi tiga jenis yaitu :

1. *External noise*, merupakan faktor lingkungan atau kondisi yang ada pada saat perancangan maupun proses produksi yang mempengaruhi fungsi ideal dari suatu produk.

2. *Internal noise*, merupakan faktor-faktor yang menyebabkan suatu produk mengalami kerusakan selama penyimpanan atau perubahan karakteristik komponen dan material produk.
3. *Variational noise*, merupakan faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan produk yang dihasilkan satu sama lainnya meskipun produk yang dibuat memiliki spesifikasi yang sama.

Dalam perancangan kualitas Taguchi merekomendasikan karakteristik dari *signal to noise ratio* sebagai berikut :

1. *Smaller the better* (s.t.b)

Memiliki karakteristik kualitas yang kontinu dan non negatif yang mempunyai nilai dari 0 sampai ∞ dimana nilai *defect* yang diinginkan adalah 0. Sehingga *signal to noise ratio* dapat dihitung dengan rumus :

$$sn_{STB} = -10 \text{ Log} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (1)$$

Dimana :

n = jumlah pengulangan eksperimen.

y_i = data pengamatan ke-i (i= 1, 2, 3, ..., n)

2. *Larger the better* (l.t.b)

Memiliki karakteristik kualitas yang kontinu dan non negatif yang mempunyai nilai dari 0 sampai ∞ dimana nilai target yang diharapkan adalah selain 0 atau dengan kata lain mempunyai nilai sebesar mungkin. Sehingga *signal to noise ratio* dapat dihitung dengan rumus :

$$sn_{LTB} = -10 \text{ Log} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{y_i^2} \right) \right] \quad (2)$$

Dimana :

n = jumlah pengulangan eksperimen.

y_i = data pengamatan ke-i (i= 1, 2, 3, ..., n)

3. *Nominal the best* (n.t.b)

Memiliki karakteristik kualitas yang kontinu dan non negatif yang mempunyai nilai dari 0 sampai ∞ dimana nilai target yang diharapkan adalah selain 0 dan merupakan bilangan yang terbatas. Sehingga *signal to noise ratio* dapat dihitung dengan rumus :

$$sn_{NTB} = 10 \text{ Log}_{10} \left[\frac{\mu^2}{\sigma^2} \right] \quad (3)$$

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2$$

Dimana :

n = jumlah pengulangan eksperimen.

y_i = data pengamatan ke-i (i= 1, 2, 3, ..., n)

μ = mean

σ = deviasi

4. *Signed target*

Memiliki karakteristik kualitas yang dapat digunakan, baik bernilai positif maupun negatif meskipun target nilai dari karakteristik kualitasnya adalah 0. Sehingga *signal to noise ratio* dapat dihitung dengan rumus :

$$sn_{ST} = -10 \text{ Log}_{10} \sigma^2 \quad (4)$$

Dimana :

$$\sigma = \text{deviasi}$$

5. Fraction defective

Memiliki karakteristik kualitas yang sebanding dan dinyatakan dalam nilai pecahan antara 0 sampai 1. Sehingga *signal to noise ratio* dapat dihitung dengan rumus :

$$sn_{FD} = -10 \text{Log}_{10} \left(\frac{1}{p} - 1 \right) \quad (5)$$

Dimana :

p = nilai kecacatan produk dalam pecahan

2.4 Quality Loss Function (QLF)

Tujuan dari *quality loss function* adalah mengevaluasi kerugian kualitas secara kuantitatif yang disebabkan adanya variansi. Dalam *quality loss function* juga dijelaskan perlunya perbaikan kualitas secara kuantitatif dalam unit uang sehingga perbandingan yang obyektif dapat dilakukan. Ukuran yang diusulkan Taguchi untuk menghitung kerugian secara kuantitatif adalah dengan perhitungan *quality loss function*.

Dengan demikian pendekatan kualitas menurut Taguchi merupakan inovasi baru dalam bidang kualitas. Secara umum terdapat tiga *quality loss function* secara khusus untuk sampel yaitu :

1. *Nominal-the-best*, untuk menghitung *quality loss function nominal the best* berdasarkan sampel dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$L(Y) = k \left[\sigma^2 + (\bar{Y} - m)^2 \right] \quad (6)$$

Dimana :

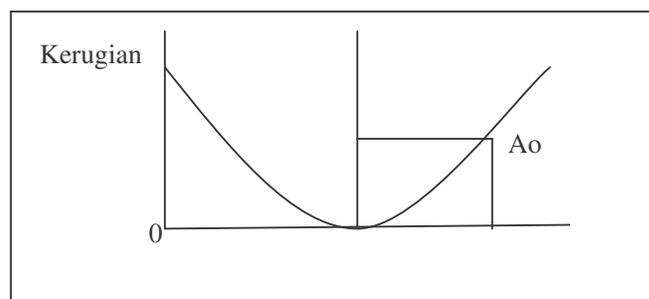
Y = nilai karakteristik kualitas.

L(Y) = kerugian dalam nilai uang (Rp) untuk tiap produk bila karakteristik kualitasnya sama dengan Y.

M = nilai target Y.

k = koefisien biaya.

Berikut adalah gambar dari *quality loss function nominal the best* metode Taguchi :



Gambar 1. Karakteristik nominal the best

2. *Smaller-the-better*, untuk menghitung *quality loss function smaller the better* berdasarkan sampel dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$L(Y) = k \left(\sigma^2 + \bar{Y}^2 \right) \quad (7)$$

Dimana :

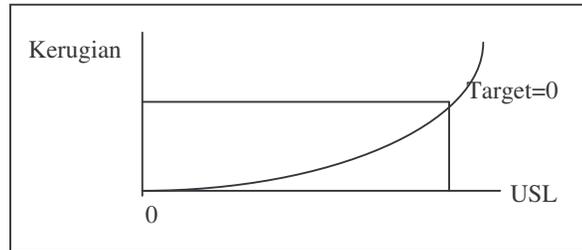
Y = nilai karakteristik kualitas.

$L(Y)$ = kerugian dalam nilai uang (Rp) untuk tiap produk bila karakteristik kualitasnya sama dengan Y .

m = nilai target Y .

k = koefisien biaya

Berikut gambar dari *quality loss function smaller the better* metode Taguchi :



Gambar 2. Karakteristik *smaller the better*

Karakteristik kualitas *smaller the better* tidak pernah mengambil nilai negatif. Jadi merupakan fungsi kerugian arah kanan dimana nilai idealnya adalah nol dan jika nilai ini bertambah maka kualitasnya meningkat.

3. *Larger-the-better*, untuk menghitung *quality loss function larger the better* berdasarkan sampel dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$L(Y) = \frac{k}{\mu^2} \left[1 + \frac{3\sigma^2}{\mu^2} \right] \quad (8)$$

Dimana :

Y = nilai karakteristik kualitas.

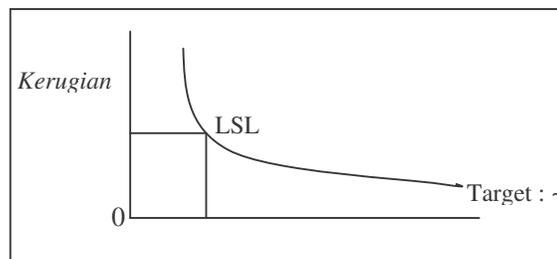
$L(Y)$ = kerugian dalam nilai uang (Rp) untuk tiap produk bila karakteristik kualitasnya sama dengan Y .

μ = *mean*

σ = *deviasi*

k = koefisien biaya.

Berikut gambar dari *quality loss function larger the better* metode Taguchi :



Gambar 3. Karakteristik *larger the better*

Karakteristik kualitas *larger the better* secara ideal memiliki target yang tidak terhingga. Dengan catatan :

$$k = \frac{A_o}{\Delta_0^2} \quad (9)$$

Dimana :

$$A_o = \text{mean}(Rp)$$

$$\Delta_0 = \text{deviasi}$$

Setelah masing masing *quality loss function*-nya diketahui, maka dapat diketahui penghematan yang dapat dilakukan oleh perusahaan yaitu dengan mengurangi *quality loss function* kondisi sebenarnya terhadap *quality loss function* optimum.

3. Analisa Hasil Penelitian

Pada bagian ini berisi mengenai analisa hasil dari penelitian yang diharapkan dapat memenuhi tujuan penelitian yang berpedoman pada konsep dari metode. Analisa dilakukan pada kondisi awal sebelum diterapkannya metode Taguchi, pada saat eksperimen tahap II, kondisi optimal dan pada perhitungan *quality loss function*.

Eksperimen Tahap I

Pada eksperimen tahap I dengan menggunakan kondisi awal perusahaan diperoleh nilai $C_p > 1$, berarti proses mempunyai potensi yang tinggi dalam memenuhi spesifikasi. Setelah dilaksanakan eksperimen tahap I, dari 100 unit tegel yang diproduksi terdapat 31 unit tegel atau 31 % produk yang mengalami kecacatan. Sedangkan nilai *signal to noise ratio* dari perhitungan adalah -10.253 dB, dimana dengan nilai *signal to noise ratio* yang rendah berarti *noise*-nya tinggi karena *signal to noise ratio* sendiri merupakan perbandingan antara *signal* dengan *noise* sehingga untuk memperkecil *noise* yang terjadi maka harus dihasilkan nilai *signal to noise ratio* yang lebih besar. Pada kondisi yang sebenarnya, faktor terkendali yang digunakan di perusahaan dapat dijelaskan pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1 Faktor terkendali kondisi sebenarnya

No	Faktor terkendali	Nilai
1	Kadar semen	20%
2	<i>Waste return</i>	10%
3	Tekanan mesin pres	150 psi
4	Kadar verb	0.5 %
5	Lama waktu perendaman	12 jam
6	Kadar kapur	5%
7	Kadar kalsit	0.25%

Sumber : P.T DIAN JAYA, Oktober 2002

Eksperimen Tahap II

Eksperimen tahap II ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan serta besar pengaruh faktor-faktor yang diselidiki terhadap suatu hasil kerja tertentu dan untuk mendapatkan kombinasi level faktor yang memberikan hasil kualitas terbaik sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Eksperimen yang dilakukan melibatkan tujuh faktor yang berpengaruh dan masing-masing faktor terdiri dari dua level. Berikut adalah tabel faktor terkendali dan

levelnya yang digunakan dalam pelaksanaan eksperimen Taguchi, seperti pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2 Faktor terkendali dalam eksperimen

Eks	Faktor dalam eksperimen	Level 1	Level 2
A	Kadar semen	15%	20%
B	<i>Waste return</i>	10%	25%
AxB	Kadar semen x <i>Waste return</i>	-	-
C	Tekanan mesin pres	150 psi	155 psi
AxC	Kadar semen x Tekanan mesin pres	-	-
BxC	<i>Waste return</i> x Tekanan mesin pres	-	-
D	Kadar kalsit	0.1%	0.25%

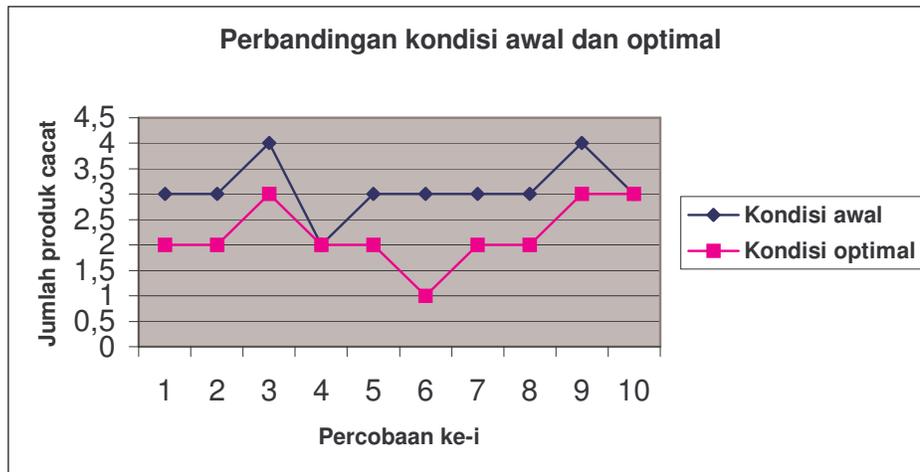
Sumber : data eksperimen tahap II P.T Dian Jaya, Oktober 2002

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan software qualitek-4 yaitu perhitungan analisa variansi dengan tujuan untuk mengetahui besar persen kontribusinya yaitu 2.37 %, maksudnya bahwa tidak ada faktor signifikan yang belum dimasukkan dalam eksperimen atau dengan kata lain *pooling*-nya sudah optimal. Dalam eksperimen metode Taguchi, persen kontribusi diharapkan nilainya ≤ 50 %, karena dengan nilai tersebut berarti faktor-faktor penting dalam eksperimen sudah dilibatkan. Selanjutnya dapat dihitung interval kepercayaan dari produk tegel yang mengalami kecacatan dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95 %, dimana diperoleh interval kepercayaan yaitu $1.90 \leq \mu \leq 2.48$. Interval kepercayaan tersebut merupakan interval kepercayaan prediksi, dimana setelah diketahui *setting level* terbaiknya atau yang paling optimal diharapkan jumlah produk cacat pada eksperimen tahap III atau eksperimen konfirmasi berada diantara batas yang telah diperkirakan atau diperbolehkan. Perhitungan interval kepercayaan tersebut dilakukan per 10 unit tegel sehingga batas interval untuk tiap unit tegel adalah $19.0 \leq \mu \leq 24.8$, karena kecacatan produk dengan menggunakan *setting level* optimal sebesar 22 unit tegel berarti pada eksperimen konfirmasi yang dilaksanakan masih berada dalam batas toleransi yang diperbolehkan sehingga *setting level* optimal dapat dijalankan pada kondisi sebenarnya pada perusahaan.

Analisa Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen tahap III atau eksperimen konfirmasi merupakan eksperimen yang dijalankan pada kombinasi level-level faktor terbaik yang dipilih berdasarkan hasil yang didapat dari eksperimen tahap II. Dengan menggunakan *setting level* optimal dapat diketahui bahwa tingkat kecacatan yang terjadi adalah 22 % atau dengan kata lain dalam memproduksi 100 unit tegel terdapat 22 produk tegel yang mengalami kegagalan produk. Sedangkan nilai *signal to noise ratio* yang dihasilkan sebesar -7.193 dB yang artinya bahwa jika dibandingkan dengan nilai *signal to noise ratio* kondisi awal yaitu sebesar -10.235 dB, maka terjadi kenaikan nilai desibelnya atau dengan kata lain *noise* yang terjadi dapat diperkecil.

Setelah dilaksanakan eksperimen konfirmasi dapat diketahui perbandingan hasil perlakuan dengan kondisi sebenarnya di perusahaan dengan penerapan kondisi optimal seperti pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Perbandingan antara kondisi sebenarnya dengan kondisi optimal

Analisa *Quality Loss Function*

Salah satu tujuan penelitian ini yaitu untuk menghitung *quality loss function*, maka setelah dilakukan percobaan konfirmasi dengan *setting level* optimal dapat dievaluasi kerugian kualitas secara kuantitatif yang disebabkan adanya variansi produk. Perhitungan *quality loss function* merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam penelitian ini, karena segala bentuk kerugian yang terjadi dalam suatu perusahaan umumnya selalu berhubungan dengan nilai nominal dari suatu produk itu sendiri. Dengan mengurangi *quality loss function* kondisi sebenarnya yaitu sebesar Rp 25.938,- dengan *quality loss function* optimumnya yaitu sebesar Rp 12.821,-. Maka kerugian yang harus ditanggung perusahaan dapat ditekan atau dikurangi sehingga penghematan yang dapat dilakukan perusahaan adalah sebesar Rp 13.117,-.

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Faktor-faktor yang berpengaruh dalam perancangan kualitas produk tegel antara lain : kadar semen, *waste return*, interaksi antara kadar semen dengan *waste return*, faktor tekanan mesin pres, interaksi antara kadar semen dengan tekanan mesin pres, interaksi antara *waste return* dengan faktor tekanan mesin pres dan kadar kalsit.
2. *Setting level* proses pembuatan tegel yang paling optimal untuk meminimasi kecacatan produk dalam perbandingan komposisinya adalah kadar semen 15 %, *waste return* 25 %, tekanan mesin pres sebesar 155 psi dan kadar kalsit 0.1 %. Sedangkan untuk faktor yang dapat dikendalikan seperti kadar kapur, lama waktu perendaman dan kadar verb pada eksperimen menggunakan komposisi bahan baku yang sama dengan kondisi sebenarnya
3. Sebelum adanya perubahan pada sistem awal, nilai *quality loss function*-nya yaitu sebesar Rp 25.938,- dengan tingkat kecacatan 31% per 100 unit tegel dan setelah dilakukan *setting level* optimal, nilai *quality loss function* yaitu sebesar Rp 12.821,- dengan tingkat kecacatan 22% per 100 unit tegel. Sehingga dengan adanya perubahan *setting level* maka kerugian yang harus ditanggung perusahaan dapat ditekan sebesar 51.65 % dari nilai *quality loss function* kondisi awal atau persentase kecacatan dapat dikurangi sebesar 9 %.

Daftar Pustaka

- Belavendram, N., (1995), *Quality by Design, Taguchi Technique for Industrial Experimentation*, Prentice Hall International.
- Moehamad Aman, Bambang Purwanggana, dan Nurwidiana, (2002), Penerapan Metode Taguchi Dalam Perancangan Parameter Setting Mesin Web Off-set Hamada 800 DX Untuk Memperbaiki Kualitas Produk Cetak, Seminar Nasional Teknik Industri III. Surakarta.
- Mohammad Hartono, Drajat Irianto, dan Harsono Taroepatjeka, (2002), *Pengembangan Model Respon Surface Dengan Karakteristik Dinamis Dalam Mencapai Robust Design Untuk Meningkatkan Kualitas proses*, Proceedings Pertemuan Ilmiah BKSTI. Yogyakarta.
- Philip J. Ross, (1999), *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, New York, Mc Graw-Hill Book Co.
- Ranjit K. Roy, (1996), *Qualitek-4 (for windows) : Software for Automatic Design of Experiment Using Taguchi Approach. IBM or Compatible Computer*, Nutek, Inc. 3829 Quarton Road, Bloomfield-hills, MI 48302. Free DEMO from [http :/www.rkroy.com](http://www.rkroy.com)
- Ranjit K. Roy, (2000), *Die Casting Process Parameter Study*, DOE / Taguchi Approach. Nutek. Inc.
- Sudjana, DR, M.A., M.Sc, (1985), *Desain Dan Analisis Eksperimen*, Bandung.