

ANALISIS PRODUKSI PADA MESIN SPEED DENGAN PENDEKATAN TAGUCHI UNTUK MENGURANGI CACAT PRODUK DI PT INDUSTRI SANDANG NUSANTARA

Suseno¹, Sawaludin²

¹Dosen Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta

²Mahasiswa Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta
Jl. Ringroad Utara, Jombor, Sleman, Yogyakarta,
telp. (0274) 623310, fax. (0274) 623306
e-mail : suseno2009@yahoo.com

PT Industri Sandang Nusantara (PT ISN) is a yarn spinning company located at Secang, Magelang. The company currently produces the kind of yarn use raw material polyester. Polyester are sent by PT ISN center. PT ISN using a variety of machines in the production process, one that is machine Speed / Roving machine. Problems encountered in machine Speed is yarn unevenness (CV%).

Methodology used in this is identify factor control and factor noised; and what impact on output. Second, choosing orthogonal arrays (OA) is appropriate. Third, after identifying and influence, the next step is to conduct experiments. Forth, the data processed using ANOVA test and S/N Ratio. Fifth, confirmation of the results of research use Loss Function.

From the analysis of the data collected on the PT ISN, the obtained results : total failure occurring is 7% of the total production, with the contribution of failure unevenness is 42.30%. Taguchi method is used to determine design the best configuration parameters of machine. The design of machine configurations obtained from this study shown to reduce losses due to defects obtained deviation decrease in yarn unevenness (CV%) of 67.30%. Based on the facts in the field any defect in the engine speed will return to the beginning of the blowing machine and could cost Rp 15.000/product disability. As for the total loss function before the application is Rp 15.300 and after the application of the method Rp 5.300, so the company could save Rp 10.000.

Keywords : *roving machine, orthogonal arrays, ANOVA, S/N Ratio, Taguchi loss function.*

PENDAHULUAN

Penjagaan, kualitas produk dan jasa diperlukan untuk menjaga konsistensi kualitas produk dan jasa yang dihasilkan dan sesuai dengan tuntutan kebutuhan pasar, perlu dilakukan pengendalian kualitas atas aktivitas proses yang dijalani. Dari pengendalian kualitas yang berdasarkan inspeksi dengan penerimaan produk yang memenuhi syarat dan penolakan yang tidak memenuhi syarat sehingga banyak bahan, tenaga, dan waktu yang terbuang muncul pemikiran untuk menciptakan sistem yang dapat mencegah timbulnya masalah mengenai kualitas agar kesalahan yang terjadi tidak terjadi lagi

Salah satu hambatan yang dihadapi dalam pemintalan benang di PT Industri Sandang Nusantara Patal Secang adalah masih adanya persentase cacat produk yang

mencapai 7% (data perusahaan bulan Januari 2013) sehingga membutuhkan waktu yang lebih untuk melakukan konfigurasi mesin. Hal ini mengakibatkan waktu dan juga bahan yang dibutuhkan untuk percobaan masih cukup banyak. Berhubung banyaknya mesin yang digunakan pada perusahaan tersebut, maka dipilihlah satu jenis mesin yaitu mesin *speed* untuk dilakukan penelitian karena mesin inilah yang akan memiliki standar tinggi. Alasan lain mengapa mesin *speed* yang digunakan yaitu banyaknya mata spindel dalam satu mesin dan juga *output* produksi dari mesin *speed* sendiri yaitu *roving* dimana awal kapas menjadi benang.

Konfigurasi mesin-mesin untuk mengurangi cacat produksi sangat diperlukan Karena faktor-faktor inilah penyebab utama sebuah produk menjadi cacat, oleh sebab itu perusahaan selalu melakukan percobaan-

percobaan guna mendapatkan konfigurasi yang tepat, sehingga bisa meningkatkan hasil produksi serta mengurangi kecacatan produk dari faktor konfigurasi.

Metode Taguchi

Metode pengendalian mutu ini dicetuskan oleh Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1949 saat mendapat tugas untuk memperbaiki sistem komunikasi di Jepang. Taguchi memiliki pandangan yang berbeda mengenai kualitas, ia tidak hanya menghubungkan biaya dan kerugian dari suatu produk saat proses pembuatan produk tersebut, akan tetapi juga dihubungkan pada konsumen dan masyarakat. “Kualitas adalah kerugian setelah produk digunakan oleh masyarakat di samping kerugian yang disebabkan oleh mutu produk itu sendiri”.

Tahap Perencanaan

Ada beberapa langkah yang diusulkan Taguchi untuk melakukan percobaan secara sistematis, yaitu:

1. Penentuan Variabel Tidak Bebas (Karakteristik Kualitas)

Variabel tidak bebas adalah variabel yang perubahannya tergantung pada variabel-variabel lain, disebut juga variabel respon. Dalam merencanakan suatu eksperimen harus dipilih dan ditentukan dengan jelas variabel tak bebas mana yang akan diselidiki.

2. Identifikasi Faktor (Variabel Bebas)

Variabel bebas (faktor) adalah variabel yang perubahannya tidak tergantung pada variabel lain. Pada tahap ini akan dipilih faktor-faktor mana saja yang akan diselidiki pengaruhnya terhadap variabel tak bebas yang bersangkutan.

3. Pemisahan Faktor Kontrol dan Faktor Ganggu

Faktor-faktor yang diamati terbagi atas faktor kontrol dan faktor gangguan. Dalam metode Taguchi keduanya perlu diidentifikasi dengan jelas sebab pengaruh antara kedua faktor tersebut berbeda. Faktor kontrol adalah faktor yang nilainya dapat diatur atau dapat dikendalikan, atau faktor yang nilainya ingin kita atur atau kendalikan. Sedangkan faktor gangguan adalah faktor yang nilainya tidak bisa kita atur atau kendalikan, walaupun dapat kita atur faktor gangguan akan mahal biayanya.

4. Penentuan Jumlah Level dan Nilai Level

Faktor Pemilihan jumlah level penting artinya untuk ketelitian hasil eksperimen dan biaya pelaksanaan eksperimen. Makin banyak level yang diteliti maka hasil eksperimen akan lebih teliti karena data yang diperoleh lebih banyak. Tetapi banyaknya level akan meningkatkan jumlah pengamatan sehingga menaikkan biaya eksperimen.

Dari alternatif- alternatif faktor-faktor terkendali yang ada, maka dapat ditentukan level dari masing-masing faktor yang diteliti. Penemuan level ini dilakukan atas pertimbangan:

- Nilai masing-masing level masih dalam batas rentang yang ditetapkan perusahaan
- Titik-titik level yang menunjukkan nilai ekstrim
- Level tersebut masih dapat ditangani oleh teknologi proses yang ada.

5. Perhitungan Derajat Kebebasan

Perhitungan Derajat Kebebasan dilakukan untuk menghitung jumlah minimum eksperimen yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati.

6. Pemilihan Orthogonal Array (OA)

Dasar untuk mendesain eksperimen dengan menggunakan metode Taguchi adalah matriks orthogonal. Meskipun banyak tipe klasik dari desain, seperti faktorial penuh dan banyak jenis faktorial fraksional yang dapat digunakan, matriks orthogonal telah mentradisi dengan teknik eksperimen Taguchi. Matriks orthogonal sangat efisiensi dalam memperoleh jumlah data yang relatif kecil dan mampu menterjemahkan ke kesimpulan yang berarti dan jelas. Lebih jauh, desain eksperimen yang menggunakan matriks orthogonal pada dasarnya lebih mudah untuk dimengerti dan petunjuknya sangat mudah untuk diikuti, seperti yang diharapkan. Pemilihan matriks orthogonal yang sesuai bergantung dari nilai faktor dan interaksi yang diharapkan dan nilai level dari tiap-tiap faktor. Penentuan ini akan mempengaruhi total jumlah derajat kebebasan yang berguna untuk menentukan jenis matriks orthogonal yang dipilih. Misalnya faktor A, derajat kebebasan menggunakan rumus:

$$VA = (\text{Jumlah level faktor}) - 1$$

7. Tahap Pelaksanaan percobaan

Pelaksanaan percobaan meliputi penentuan jumlah replikasi percobaan dan randomisasi pelaksanaan eksperimen.

METODE PENELITIAN

Langkah-langkah pemecahan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian Pendahuluan, dengan melakukan wawancara dengan pihak perusahaan, pengamatan langsung keperusahaan mengamati permasalahan yang terjadi di perusahaan.
2. Perumusan Masalah dan mencari solusinya.
3. Merumuskan tujuan dan hasil yang ingin dicapai dalam penelitian.
4. Studi Pustaka, mencari dan memahami metode yang dapat digunakan untuk memecahkan permasalahan yang terjadi.
5. Menentukan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas yang diukur yaitu kualitas kain poliester, hal ini dilakukan dengan beberapa cara yakni brainstorming, flowcharting, fishbone atau cause effect diagram.
6. Mengidentifikasi interaksi antar faktor,
7. Mengidentifikasi faktor kontrol dan faktor noise, kedua faktor ini perlu diidentifikasi secara jelas agar pengaruh faktor tersebut dapat dilihat pengaruhnya terhadap output dan dicari hubungan antar keduanya.
8. Memilih orthogonal arrays (OA) yang tepat.
9. Pelaksanaan eksperimen.
10. Pengolahan data dengan menggunakan uji Anova dan S/N Ratio.
11. Konfirmasi eksperimen dengan menggunakan Loss Function.
12. Analisis
13. Kesimpulan dan saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1 Pengumpulan data

Karakteristik kualitas yang menjadi tujuan perbaikan adalah karakteristik yang akan dilakukan perbaikan yaitu nilai Ketidakrataan benang (CV %) yakni 1.3 ± 0.3

Tabel 1. Jenis Cacat proses produksi

Jenis Cacat	% dari total
CV %	42.30
U %	20.07
End Break	10.11
Berat Roving	27.52
Total	100

Sumber : Data Perusahaan mesin speed bulan Januari 2013

Sedangkan konfigurasi faktor mesin yang sudah diterapkan perusahaan saat ini yaitu :

Tabel 2. Level Faktor Kontrol dan Noise

Faktor	Kode	Level 1	Level 2
Faktor Kontrol :			
1. <i>Front Roll</i>	A	60%	70%
2. <i>Ne Roving</i>	B	0.12 Hank	0.15 Hank
3. <i>Speed</i>	C	850 Rpm	900 Rpm
4. TPI	D	0.70 grein	0.60 grein
5. <i>Back Roll</i>	E	80%	70%
6. Roda gigi	F	46 T	52 T
7. Efisiensi	G	80%	90%
Faktor Noise :			
1. Warna	W	Cerah	Kusam

Sumber : Hasil pengamatan di perusahaan, 2013

2 Pelaksanaan Eksperimen

Tahap pertama adalah menguji dan menentukan adanya interaksi antar faktor dengan melakukan eksperimen kecil antar faktor yang dilanjutkan dengan uji anova. Adapun data interaksi yang dihimpun oleh perusahaan adalah sebagai berikut :

Tabel 4. *Front roll* dan *ne roving*

	A1		A2	
B1	0.9	0.7	1.0	1.0
B2	1.0	0.9	1.1	1.1

Tabel 5. *Front roll* dan *speed*

	A1		A2	
C1	0.8	0.8	1.0	1.1
C2	0.9	0.8	1.1	1.1

Tabel 6. *Front roll* dan TPI

	A1		A2	
D1	0.8	0.8	1.0	1.1
D2	0.9	0.8	1.1	1.1

Tabel 7. *Front roll* dan *back roll*

	A1		A2	
E1	0.8	0.8	1.0	1.1
E2	0.9	0.8	1.1	1.1

Tabel 8. *Front roll* dan roda gigi

	A1		A2	
F1	0.9	1.0	1.1	1.2
F2	0.7	0.8	0.9	0.8

Tabel 9. *Front roll* dan efisiensi

	A1		A2	
G1	0.8	0.8	0.9	1.2
G2	1.2	1.1	1.4	1.4

Tabel 10. *Ne roving* dan *speed*

	B1		B2	
C1	0.8	1.0	1.0	1.1
C2	0.9	1.0	1.1	1.1

Tabel 11. *Ne roving* dan TPI

	B1		B2	
D1	1.2	1.1	1.2	1.2
D2	0.9	0.9	1.0	0.9

Tabel 12. *Ne roving* dan *speed*

	B1		B2	
E1	0.8	0.9	0.9	1.0
E2	0.9	1.1	1.0	1.2

Tabel 13. *Ne roving* dan roda gigi

	B1		B2	
F1	1.0	1.0	1.0	1.1
F2	0.8	0.7	0.8	0.8

Tabel 14. *Ne roving* dan efisiensi

	B1		B2	
G1	0.8	0.8	0.7	0.8
G2	1.1	1.2	1.2	1.1

Tabel 15. *Speed* dan TPI

	C1		C2	
D1	1.1	1.1	1.1	1.3
D2	0.9	0.9	1.0	1.0

Tabel 16. *Speed* dan *back roll*

	C1		C2	
E1	0.8	1.0	0.9	1.1
E2	0.8	1.2	1.2	1.0

Tabel 17. *Speed* dan roda gigi

	C1		C2	
F1	1.0	0.9	1.1	1.1
F2	0.8	0.8	0.8	1.0

Tabel 18. *Speed* dan efisiensi

	C1		C2	
G1	0.8	1.0	1.0	0.9
G2	1.1	1.3	1.2	1.3

Tabel 19. TPI dan *back roll*

	D1		D2	
E1	1.1	1.2	0.9	0.8
E2	1.1	1.1	0.9	0.7

Tabel 20. TPI dan roda gigi

	D1		D2	
F1	1.3	1.3	1.0	1.1
F2	1.2	1.1	0.8	0.8

Tabel 21. TPI dan efesiensi

	D1		D2	
G1	1.1	1.3	0.9	1.0
G2	1.5	1.6	1.2	1.3

Tabel 22. Back roll dan roda gigi

	E1		E2	
F1	1.1	1.2	1.0	1.2
F2	0.7	0.8	0.8	0.7

Tabel 23. Back roll dan efesiensi

	E1		E2	
G1	0.9	0.9	0.8	1.0
G2	1.2	1.3	1.3	1.1

Tabel 24. Roda gigi dan efesiensi

	F1		F2	
G1	1.2	1.2	0.8	0.8
G2	1.5	1.6	1.3	1.2

Tabel 25. Front roll dengan Ne roving

	A1		A2	
B1	0.9	0.7	1.0	1.0
B2	1.0	0.9	1.1	1.1

Contoh perhitungan untuk mempermudah perhitungan maka tiap faktor dikalikan 10 maka diketahui bahwa :

A1 = 35 A2 = 42 B1 = 36 B2 = 41 T = 77
 nA1 = 4 nA2 = 4 nB1 = 4 nB2 = 4 N = 8
 Maka perhitungannya menjadi :

$$SS_T = \sum_{i=1}^N y^2 - \frac{T^2}{N} = 9^2 + 7^2$$

$$+ 10^2 + 9^2 + 10^2 + 10^2 + 11^2 + 11^2 - \frac{77^2}{8} = 11.875$$

$$SS_A = \left[\sum_{i=1}^{KA} \left(\frac{A1}{nAi} \right) \right] - \frac{T^2}{N} = \frac{35^2}{4}$$

$$+ \frac{42^2}{4} - \frac{77^2}{8} = 6.125$$

$$SS_B = \left[\sum_{i=1}^{KB} \left(\frac{B1}{nBi} \right) \right] - \frac{T^2}{N} = \frac{36^2}{4}$$

$$+ \frac{41^2}{4} - \frac{77^2}{8} = 3.125$$

$$SS_{A \times B} = \left[\sum_{i=1}^{KB} \left(\frac{A \times B1}{n(A \times Bi)} \right) \right] - SS_A -$$

$$SS_B = \frac{16^2}{2} + \frac{20^2}{2} + \frac{19^2}{2} + \frac{22^2}{2} - \frac{77^2}{8} -$$

$$6.125 - 3.125 = 750.5 - 741.125 - 6.125 -$$

$$3.125 = 0.125$$

$$SS_f = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{A \times B} = 11.875 -$$

$$6.125 - 3.125 - 0.125 = 0.125$$

Tabel 26. Anova untuk Front roll dengan Ne roving

Source	SS	d.o.f	MS	F
A	6.125	1	6.125	9.8
B	3.125	1	3.125	5
AXB	0.125	1	0.125	0.2
Error	2.500	4	0.625	
Total	11.875	7		

Menentukan H₀ dan H₁

H₀ = tidak ada pengaruh terhadap CV%

H₁ : ada pengaruh terhadap CV%

α = 0.05

F (V₁, V₂) = F (1, 4) 0.05 = 7.71

Untuk Source A : F hitung = 9.8

F tabel = 7.71

Keputusan

F hitung > F tabel tolak H₀

Kesimpulan Front roll berpengaruh terhadap CV%

Untuk Source B : F hitung = 5

F tabel = 7.71

Kesimpulan Speed tidak berpengaruh terhadap CV%

Untuk Source Ax B : F hitung = 0.2

F tabel = 7.71

Keputusan

F hitung > F tabel terima H₀

Kesimpulan :

Tidak ada interaksi front roll dan speed

Contoh ke dua

Dari hasil pengujian interaksi antar faktor, diperoleh hasil bahwa tidak ada interaksi antar faktor kontrol dengan faktor kontrol yang berpengaruh terhadap Ketidakrataan benang (CV%) adalah front roll (A), TPI (D) Roda gigi (F) Efesiensi (G)

Tahap selanjutnya adalah melakukan eksperimen lengkap dengan menggunakan orthogonal array, faktor yang diuji 4 faktor yaitu : (A, D, F dan G) tidak ada interaksi terhadap faktor – faktor tersebut. Sehingga orthogonal array yang digunakan untuk inner

array adalah L8 dengan 7 kolom. Sedangkan untuk *outer array* digunakan L2, karena faktor noise hanya 1 yaitu warna (W) untuk setiap level dilakukan 2 repetisi. Hasil yang didapat tercantum dalam tabel di bawah ini :

Setelah dihasilkan data seperti di atas maka terlebih dahulu dihitung rata-rata , standar deviasi (σ) serta *S/N Rasio* dari data percobaan. Untuk mencari nilai rata - rata dari data tersebut kita dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\hat{y}_{Exp} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

Karena dilakukan replikasi sebanyak 2 kali maka perhitungan rata-rata dari data ke-1 sampai data ke -8 menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\hat{y}_{Exp} = \frac{\sum_{i=1}^2 y_i}{2}$$

Untuk mencari nilai *S/N Rasio* dari data tersebut dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

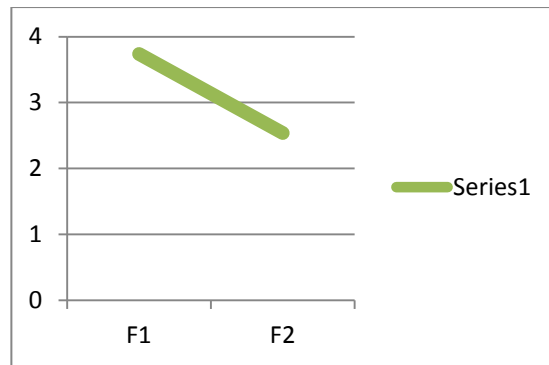
$$S/N \text{ Rasio}_{Exp} = - 10 \text{ Log} \left(\frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 \frac{1}{y_i^2} \right)$$

Dari perhitungan menggunakan persamaan diperoleh tabel rata-rata (\hat{y}) dan *S/N Rasio* dari data ke - 1 sampai ke -8 yaitu sebagai berikut :

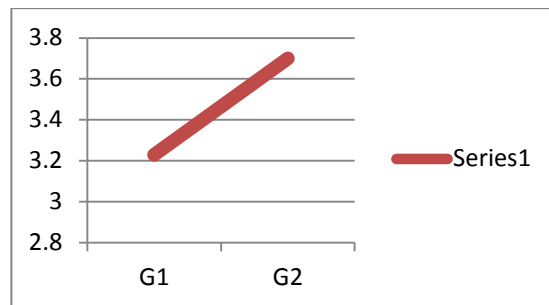
Perhitungan Standar *rasio* :

Tabel 27. *S/N Rasio*

No Trial	Outer Array : L4				$\bar{y}_{Exp} = \frac{\sum_{i=1}^2 y_i}{2}$	S/N Rasio _{Exp} = - 10 Log $\left(\frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 \frac{1}{y_i^2} \right)$
	Faktor Noise (W)					
	CV% (%)					
	1	2				
1	1.2	1.1	0.9	0.8	1.0	3.010
2	1.1	1.1	0.8	0.8	0.950	2.565
3	1.5	1.6	1.4	1.4	1.475	6.385
4	1.4	1.3	0.9	1	1.150	4.224
5	1.3	1.4	1.2	1.2	1.275	5.121
6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.175	4.411
7	1.2	1.3	1.1	1.1	1.175	4.411
8	1.3	1.4	1.2	1.2	1.275	5.121



Gambar 1. S/N grafik F



Gambar 2. S/N grafik G

Faktor yang terpilih adalah :

- A = front roll = level 2 = 70 %
- D = TPI = Level 2 = 0.60 Green
- F = Roda gigi = level 1 = 46 T
- G = Efisiensi = level 2 = 90%

Dengan *Lost Function*

Setelah diperoleh faktor-faktor dari level yang terbaik maka dilakukan percobaan konfirmasi yakni percobaan dengan membandingkan tingkat kerugian dengan membandingkan antara data sebelum dilakukan percobaan dengan data setelah dilakukan percobaan setelah menggunakan data taguchi.

Tabel 28. Data aktual & konfirmasi percobaan

No. Trial	Data awal	Data setelah Percobaan
1	0.9	1.2
2	1.2	1.3
3	1.1	1.4
4	1.3	1.5
5	1	1.2
6	0.8	1.6
7	1.1	1.2
8	0.9	1.5
9	1.3	1.3
10	1.1	1.2
11	1	1.3

No. Trial	Data awal	Data setelah Percobaan
12	1.1	1.1
13	1	1.5
14	1.3	1.2
15	1.2	1.1

Hasil pengamatan perusahaan setelah pengujian Kemudian dihitung dengan rumus *loss Function*

$$L(y) = k \cdot (y - m)^2$$

Untuk di perusahaan sendiri setiap kerugian dalam cacat produksi akan dilakukan kembalikan lagi ke mesin awal yaitu mesin *blowing* dengan biaya Rp 15.000/produk.

Tabel 29. *Loss function*

Tabel 29. *Loss function*

No. Trial	Data awal	<i>Loss function</i> awal	Data setelah Percobaan	<i>Loss function</i> Konfirmasi
1	0.9	2400	1.2	150
2	1.2	150	1.3	0
3	1.1	600	1.4	150
4	1.3	0	1.5	600
5	1	1350	1.2	150
6	0.8	3750	1.6	1350
7	1.1	600	1.2	150
8	0.9	2400	1.5	600
9	1.3	0	1.3	0
10	1.1	600	1.2	150
11	1	1350	1.3	0
12	1.1	600	1.1	600
13	1	1350	1.5	600
14	1.3	0	1.2	150
15	1.2	150	1.1	600
Total <i>Loss Function</i>		15300		5250
Rata - rata	1.087		13.07	

Diperoleh kesimpulan bahwa dengan diterapkan metode Taguchi terjadi penurunan *loss function* sebesar mencapai 67.30 %.

KESIMPULAN

Dari analisis hasil dan pembahasan data yang dikumpulkan pada PT. Industri Sandang Nusantara Unit Patal Secang, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Berdasarkan hasil perhitungan dengan memanfaatkan analisis Signal to Noise Ratio (S/N) dan Anaysis of Variance (ANOVA) juga melihat plot grafik yang ada, didapatkan bahwa faktor-faktor yang berpengaruh terhadap output adalah faktor A (Front roll), D (TPI), F (Roda gigi), dan G (Efisiensi).
- Rancangan level-level yang terbaik dalam menghasilkan Ketidakrataan (CV%) benang yang mendekati target 1.3 ± 0.3 dan memiliki S/N ratio tinggi berdasarkan percobaan atau langkah Taguchi adalah :
 - Faktor A atau Front roll menggunakan level 2 sebesar 70%.
 - Faktor D atau TPI menggunakan level 2 sebesar 0.60 green
- Berdasarkan Loss Function, perbaikan yang didapat dengan menggunakan setting parameter faktor kontrol optimal adalah terjadi penurunan tingkat kerugian sebesar 67.30%.
- Berdasarkan fakta dilapangan setiap cacat produksi pada mesin speed akan kembali lagi ke proses awal yaitu mesin *blowing* dan bisa menghabiskan biaya Rp 15.000/produk cacat
- Total loss function sebelum penerapan yaitu 15300 dan setelah penerapan metode yaitu 5300.

DAFTAR PUSTAKA

Bagchi, Tapan P., 1993, **Taguchi Methods Explained : Practical Step to Robust Design**, Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi.

Fitria, Nana., 2009, *Analisis metode Desain dalam analisis mutu*, skripsi Malang: UIN Malang.

Rasjid, Djufri, 1973, **Teknologi Pengelantangan, Pencelupan, dan Pengecapan**, ITT Bandung.

Soejanto, Irwan., 2009, **Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi**, edisi pertama, Penerbit Graha Ilmu : Yogyakarta.

Sulam, Abdul latief.,2008, **Teknik pembuatan benang dan pembuatan**

kain jilid 2, Direktorat pendidikan Nasional : Jakarta.

Widiaswanti, Ernaning, 2007. *Aplikasi Metode Taguchi Untuk Optimalisasi Kualitas dalam Proses Produksi Keramik Hias (Studi Kasus : Sentra Industri Keramik Dinoyo)*, Penelitian Pascasarjana universitas Brawijaya, Malang.