

# Peningkatan Kualitas Jasa Pewarnaan Produk Celana Jeans dengan Penerapan *Six Sigma* & Eksperimen *Taguchi Attribute Characteristic* (Kasus CV. Ciharuman Laundry)

Rida Norina<sup>1</sup> dan Insan Fauzi<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Industri, Universitas Jenderal Achmad Yani

<sup>1</sup>[rida.reza.raffa@gmail.com](mailto:rida.reza.raffa@gmail.com), <sup>2</sup>[insanfauzi8@gmail.com](mailto:insanfauzi8@gmail.com)

## Abstrak

CV. Ciharuman Laundry adalah sebuah industri pencelupan celana. Proses produksi perusahaan sering menghasilkan produk cacat. Konsekuensi dari tindakan pekerjaan *rework* pada produk cacat adalah meningkatnya biaya produksi dikarenakan adanya biaya tambahan bahan serta tambahan jam kerja operator untuk memperbaiki produk cacat tersebut. Belum lagi kalau produk cacat tersebut harus di reject tentu biaya yang ditimbulkan lebih besar lagi. Cacat dominan yang terjadi adalah warna produk yang tidak merata sebesar 19,8%. Metode yang digunakan untuk menurunkan prosentase cacat adalah *six sigma* (DMAIC). Penyebab cacat tersebut dilakukan analisis dengan menggunakan diagram sebab akibat dan FMEA di dapatkan kesimpulan bahwa penyebab cacat dominan adalah adanya perbandingan antara obat pewarna, air dan suhu yang tidak tepat pada proses *washing*, sehingga perlu dilakukan perbaikan pada proses tersebut dengan penerapan eksperimen *Taguchi*. Tahap pelaksanaan eksperimen terbagi menjadi 3, yaitu eksperimen yang merupakan kondisi aktual perusahaan saat ini, eksperimen 2 yang dilakukan dengan menggunakan *setting Taguchi* pada OA L8(27), serta eksperimen 3 yang merupakan hasil eksperimen konfirmasi. Didapatkan kondisi optimal untuk melakukan proses *washing* adalah suhu 100°C, takaran obat 8 kg dan rasio air 400lt. Hasil konfirmasi terhadap 120 sampel dengan 24 kali percobaan kondisi optimal terbukti mampu menurunkan prosentase cacat sebesar 79%.

Kata kunci: Kualitas, Six Sigma, eksperimen *Taguchi*, setting optimal

## Abstract

CV. Ciharuman Laundry is a pants dyeing services industry. Company's production process often defect produce. The consequences of the action defect product will have an impact on increasing production costs. One of dominant defect is not equal coloring for about 19,8%. The method used to reduce the percentage of defects is the six sigma concept (DMAIC). To find out the cause of the defect is analysis by using a casual diagram and FMEA conclusion the dominant cause is not right a compare coloring agent, water and temperature on the washing process, so improvements needed to the process with implementation of experiment *Taguchi*. Implementation stage of experiment divided into 3, that is first experiment which is actual condition of company right now, second experiment was done using *Taguchi* settings on an orthogonal array L8(27), and third experiment which was the result of confirmation experiment. The result of experiment obtained optimal settings for do the washing process temperature is 100°C, dose of the drug is 8 kilograms and the water ratio is 400 liters. The confirmation result of 120 sample by 24 attempts optimal settings proved to be able to reduce percentage of defect by 79%.

Keywords: quality, six sigma, *Taguchi* experiment, optimal settings

## 1. Pendahuluan

CV. Ciharuman Laundry terdapat masalah mengenai biaya yang dikeluarkan untuk produk reject setiap tahunnya. Biaya tambahan yang harus ditanggung perusahaan akibat pekerjaan *rework* produk cacat pada tahun pertama sebesar Rp. 203.439.200 dan pada tahun kedua sebesar Rp.176.080.350, dimana kalau tidak ada produk cacat tentunya perusahaan tidak perlu mengeluarkan biaya tersebut. Dari gambar 1 dapat dilihat jenis kecacatan terbesar adalah warna tidak merata dengan frekuensi cacat sebesar 13794 kecacatan dengan persentase cacat sebesar 87,70 dari total frekuensi cacat 15729. Dengan menggunakan konsep *six sigma* kita dapat mengetahui nilai *DPMO* dan nilai *sigma*. Seperti pada Gambar 1.

### Info Makalah:

Dikirim : 04-07-19;

Revisi 1 : 12-10-19;

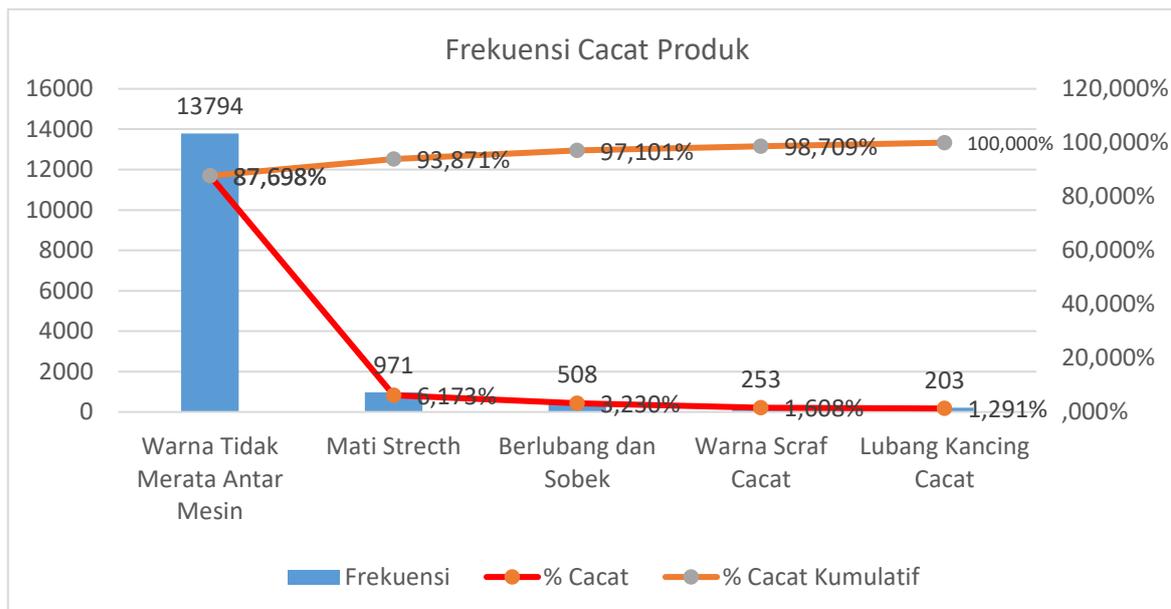
Revisi 2 : 05-03-21;

Diterima : 05-04-21.

### Penulis Korespondensi:

Telp : +6287821264458

e-mail : [rida.reza.raffa@gmail.com](mailto:rida.reza.raffa@gmail.com)

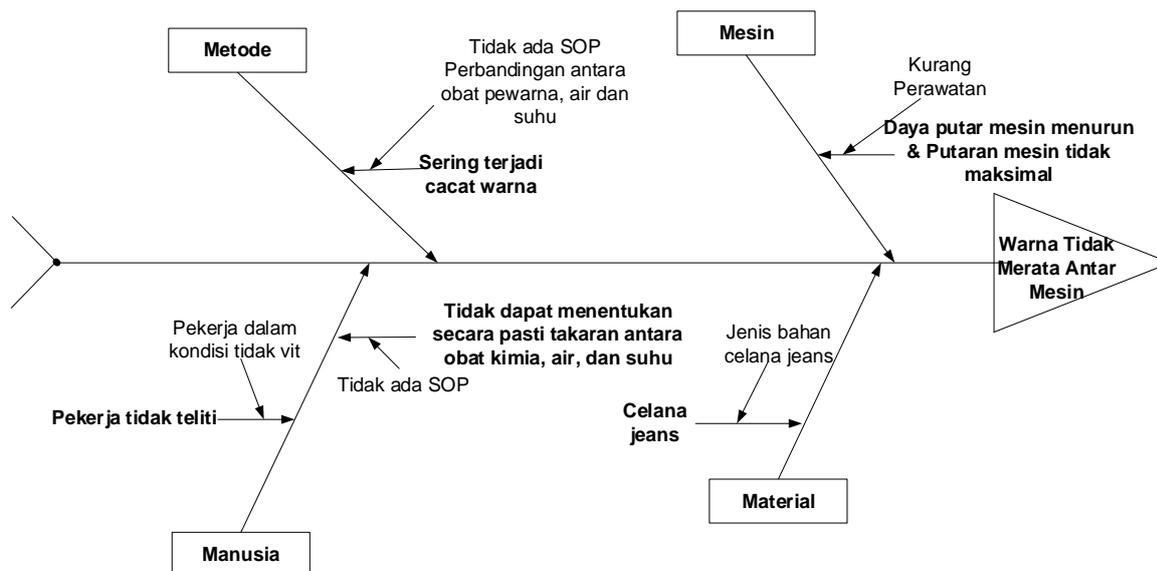


Gambar 1. Frekuensi Cacat

Dapat dilihat dari tabel 1 untuk produk cacat terbesar adalah warna tidak merata antar mesin dengan persentase cacat sebesar 87,7% % dan frekuensi cacat sebesar 13794 unit. Menggunakan konsep analisis *six sigma*, didefinisikan bahwa CTQ dalam proses pewarnaan ini adalah warna tidak merata, mati *stretch*, sobek dan lubang kancing cacat. dan cacat warna tidak merata merupakan jenis cacat yang dominan. *DPMO* untuk produk cacat warna tidak merata sebesar 198554,81 dan nilai sigmanya  $2,35\sigma$ , sedangkan target yang diinginkan oleh perusahaan sebesar  $3,25\sigma$ . Sehingga fokus penelitian ini adalah upaya mengatasi produk cacat warna tidak merata. Penyebab cacat warna tidak merata antar mesin adalah karena pada saat proses *washing* operator yang bertanggung jawab untuk proses pewarnaan masih menggunakan perbandingan yang tidak baku. Warna tidak merata antar mesin dapat disebabkan karena tingkat kepekatan cairan antara obat pewarna dan air serta waktu proses setiap jenis bahan baku. Untuk mengetahui penyebab cacat paling dominan yaitu warna tidak merata antar *batch* digambarkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai DPMO dan Sigma

s	Kriteria Cacat	Frekuensi	DPMO (%)	Defect (%)	Yield (%)	Sigma
69472	Warna Tidak Merata antar mesin	13794	198554.8	19.86%	80.14%	2.35
	Mati Stretch	971	13976.85	1.40%	98.60%	3.7
	Berlubang dan Sobek	508	7312.299	0.73%	99.28%	3.94
	Warna Scraf Cacat	253	3641.755	0.36%	99.64%	4.18
	Lubang Kancing Cacat	203	2922.041	0.29%	99.71%	4.26



Gambar 2. Diagram Sebab Akibat

Dari beberapa penyebab yang dicurigai menyebabkan cacat warna tidak merata, maka dilakukan analisis penilaian dengan metode *FMEA* dan diperoleh hasil bahwa nilai *RPN* terbesar yaitu 810 dengan penyebab cacat adalah tidak ada formulasi perbandingan atau takaran antara obat pewarna, air dan suhu. Sehingga diperlukan metode eksperimen *Taguchi* untuk mencari *setting* optimal dari perbandingan takaran antara obat pewarna, air dan suhu.

Eksperimen ini merupakan salah satu jenis eksperimen yang paling sederhana, karena memiliki jumlah eksperimen yang minimal karena metode *Taguchi* memiliki karakteristik menghasilkan produk yang lebih tangguh (*robust*), yaitu mampu merancang suatu proses yang tidak sensitif terhadap faktor gangguan. Hal ini yang menjadi keunggulan dari metode *Taguchi*, sehingga metode ini sering disebut sebagai *robust design*.

## 2. Metode

Penyusunan metodologi penelitian ditunjukkan untuk memperjelas dan menuntun proses penelitian agar tujuan yang diinginkan dapat tercapai dengan baik. Keberhasilan suatu penelitian sangat dipengaruhi oleh tahapan yang dilalui, karena hasil dari satu tahap merupakan masukan bagi tahap selanjutnya, sehingga tahap sebelumnya akan sangat menentukan tahap berikutnya, maka diperlukan penentuan yang cermat mengenai tahapan proses penelitian.

### a. Identifikasi Persoalan

Tahapan ini dilakukan dengan cara pengamatan secara langsung (observasi) lapangan dan wawancara bagian produksi perusahaan. Studi pendahuluan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui dan mengamati secara langsung setiap gejala atau fenomena yang dihadapi oleh perusahaan yang akan dijadikan sebagai objek penelitian.

#### i. Tahap Define

Tahap *Define* merupakan tahapan pertama dalam program peningkatan kualitas metode *six sigma*. Tahap ini dilakukan dengan cara pengamatan proses produksi, identifikasi produk cacat dan pengamatan jenis cacat.

#### ii. Tahap Measure

Tahapan pengukuran ini dilakukan untuk mendefinisikan *defect* (cacat produk). Tahapan ini untuk melihat seberapa besar pengaruh dari masing-masing kriteria cacat yang ada. Tahapan ini dilakukan dengan cara penentuan cacat paling dominan yaitu warna tidak merata, Penentuan karakteristik kualitas / *Critical To Quality* (CTQ), nilai DPMO sebesar 18554,81 dan nilai sigma sebesar  $2,35\sigma$  pada cacat warna tidak merata.

#### iii. Tahap Analyze

Tahap *analyze* merupakan tahap ketiga dalam konsep *Six Sigma*, pada tahap ini dilakukan untuk mengetahui faktor yang paling berpengaruh terhadap penyebab cacat. Pada tahap ini menggunakan diagram *fishbone* atau diagram sebab akibat. Pada tahap ini dilakukan analisis sebab akibat pada cacat warna tidak merata. Menggunakan alat analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi penyebab cacat terbesar dengan cara menilai *severity*, *occurrence* dan *detection*. Hasil dari FMEA berupa nilai *RPN* sebesar 810 pada warna tidak merata dengan tindakan perbaikan menggunakan metode eksperimen *Taguchi* untuk menentukan *setting* optimal pada suhu, takaran obat dan air.

### b. Metode Pemecahan Masalah

Dalam tahapan pemecahan masalah ini dilakukan tahap *improvement* sesuai dengan informasi yang telah didapatkan berdasarkan tahapan awal yaitu *Define – Measure-Analyze*.

**i. Tahap *Improvement***

Pada tahap *improvement* dilakukan metode eksperimen untuk mengetahui takaran perbandingan antarajumlah produk : obat : air : suhu.

**ii. Identifikasi Variabel tak Bebas**

Dalam penelitian ini dari hasil pembahasan diatas dapat diketahui bahwa variabel tak bebas yang sesuai dengan penelitian ini adalah karakteristik atribut (*Attribute Characteristic*). Pada kasus ini ditetapkan karakteristik atribut berdasarkan hasil akhir produk yang tidak dapat diukur dengan skala kontinyu, tetapi dapat diklasifikasikan secara kelompok yaitu kelompok berhasil dan kelompok cacat.

**iii. Identifikasi Variabel tak Bebas**

Variabel bebas merupakan variabel yang nilainya tidak dipengaruhi oleh variabel-variabel lainnya. Sedangkan variabel tak bebas adalah kebalikannya. Penelitian ini bertujuan meminimasi terjadinya cacat warna tidak merata pada proses produksi. Namun tidak semua faktor dapat dijadikan faktor penelitian. Untuk itu dalam menentukan variabel bebas, dilakukan dengan memilih beberapa variabel yang paling penting seperti pada tabel 3.

Dari hasil kuesinor faktor yang berpengaruh dapat dilihat bahwa dipilih faktor yang berpengaruh terhadap proses pewarnaan jeans pada mesin *washing* adalah takaran obat, Suhu perendaman dan takaran air. Ketiga faktor tersebut dipilih dikarnakan dari hasil kuesioner dengan persentase yang melebihi dari 50% suara responden.

**iv. Identifikasi Faktor yang Bisa Dikendalikan dan Faktor yang Tidak bisa Dikendalikan.**

Pada tahap ini, dilakukan identifikasi faktor-faktor yang dapat dikendalikan, dan faktor yang tidak dapat dikendalikan untuk memisahkan faktor mana saja yang dapat dikendalikan dan tidak, agar dapat dilakukan pengaturan optimal pada mesin (Lihat Tabel 2).

Tabel 2. Faktor Terkendali dan tidak

No	Faktor yang bisa dikendalikan	Faktor yang tidak bisa dikendalikan
1	Suhu pendam (A)	Tidak ada faktor tidak terkendali atau faktor gangguan
2	Takaran Obat (B)	
3	Interaksi Faktor A dan B	
4	Rasio Air (C)	
5	Interaksi Faktor A dan C	
6	Interaksi Faktor B dan C	

**v. Penentuan Jumlah Level dan Nilai Faktor**

Penentuan banyaknya level faktor sangat penting terhadap hasil penelitian. Semakin banyak level faktor yang digunakan maka hasil eksperimen akan lebih teliti, tetapi cara ini akan menimbulkan biaya yang besar, serta waktu yang lebih lama. Nilai level faktor kontrol ini didapat dari hasil kuesioner penentuan nilai level pada masing-masing faktor. Penentuan level kontrol untuk masing-masing faktor dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada kepala produksi, supervisi dan 14 operator mesin, Kuesioner berisi 2 bagian yaitu pemilihan faktor yang berpengaruh dan pilihan tentang level faktor yang tentu isi kuesioner tersebut telah didiskusikan dengan kepala produksi sebagai penanggung jawab proses dan telah memahami masalah yang terjadi di lapangan. Hasil rekap kuesioner tentang faktor yang berpengaruh terhadap kecacatan warna yang tidak rata dapat di lihat di Tabel 3 dan hasil level faktor dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Faktor-faktor yang berpengaruh

Faktor	frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Persentase	Persentase Kumulatif
Takaran Obat	18	18	100,00%	33,33%
Suhu Pendam	16	34	88,89%	62,96%
Rasio Air	11	45	61,11%	83,33%
RPM Mesin	4	49	22,22%	90,74%
Waktu pewarnaan	2	51	11,11%	94,44%
Jumlah berbolak-balik putaran	2	53	11,11%	98,15%
Derajat kenaikan suhu	1	54	5,56%	100,00%
Standarisasi metode/ SOP	0	54	0,00%	100,00%
Cara penuangan obat	0	54	0,00%	100,00%
Perawatan mesin	0	54	0,00%	100,00%
Skill Operator	0	54	0,00%	100,00%
Tingkat Pendidikan	0	54	0,00%	100,00%
Pengecekan obat	0	54	0,00%	100,00%

**c. Penentuan derajat kebebasan**

Perhitungan derajat kebebasan dilakukan untuk menghitung jumlah percobaan minimum yang harus dilakukan untuk mengetahui faktor yang diamati.

Tabel 4. Level Kontrol Faktor *Taguchi*

No	Faktor	Level I	Level II
1	Suhu Pendam	80oC	100oC
2	Takaran Obat	7 Kg	8 Kg
3	Rasio Air	400 lt	450

**d. Pemilihan *Orthogonal Array***

Untuk menentukan matriks orthogonal yang sesuai, harus memperhatikan jumlah faktor, jumlah level dan jumlah pengamatan yang dilakukan. Bentuk umum dari model *matriks orthogonal* adalah:

$$L_a = (b^c) \tag{1}$$

Berdasarkan jumlah Dof ( Total Derajat Kebebasan faktor dan level), yaitu 6 dengan jumlah faktor sebanyak 3 yang masing-masing memiliki 2 level. Maka untuk memilih *matriks orthogonal* yang cocok atau sesuai dengan eksperimen yaitu:

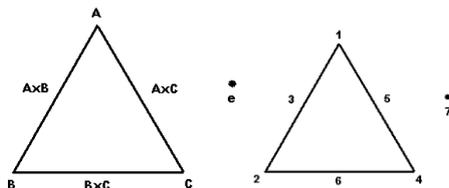
Perhitungan untuk  $L_8 (2^7)$  adalah:

$$\begin{aligned} \text{Derajat Kebebasan} &= (\text{Banyaknya faktor}) \times (\text{banyaknya level} - 1) \\ &= 3 \times (2-1) \\ &= 3 \text{ derajat kebebasan} \end{aligned} \tag{2}$$

Perhitungan derajat kebebasan faktor dan level = 3 derajat kebebasan. Jadi dilihat dari hasil perhitungan diatas, dari hasil perhitungan derajat kebebasan diperoleh 3 derajat kebebasan yang cocok atau sesuai dengan eksperimen adalah derajat kebebasan pada *matriks orthogonal* standar harus lebih besar atau sama dengan perhitungan derajat kebebasan pada eksperimen (3 derajat kebebasan). Jadi matriks ortogonal yang dipilih adalah  $L_8(2^7)$  yang mempunyai 7 derajat kebebasan yang telah mencukupi.

**e. Penempatan kolom faktor kedalam *matriks orthogonal***

Untuk mendapatkan faktor pada kolom *orthogonal* yang tersedia, maka digunakan grafik linier yang sesuai dengan masing-masing matriks. Grafik linier yang sesuai untuk matriks  $L_8 (2^7)$  dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Matriks orthogonal  $L_8(2^7)$

Berdasarkan gambar 3, maka penempatan kolom Faktor A menempati kolom 1, Faktor B menempati kolom 2, Interaksi Faktor A dan B menempati kolom 3, Faktor C menempati kolom 4, Interaksi Faktor A dan C menempati kolom 5, Interaksi Faktor B dan C menempati kolom 6, *Error* pada kolom 7. Hasil penempatan tersebut dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Matriks orthogonal array  $L_8(2^7)$

Matriks Ortogonal $L_8(2^7)$							
Eksperimen	1	2	3	4	5	6	7
	A	B	A x B	C	A x C	B x C	E
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

#### f. Pelaksanaan eksperimen awal

Merupakan percobaan dengan menggunakan *setting* aktual perusahaan, untuk mengetahui karakteristik kualitas yang dihasilkan pada kondisi *actual Loss Function* Eksperimen awal. Analisa fungsi kerugian yang diakibatkan penyimpangan karakteristik kualitas pada kondisi aktual. Penyimpangan tersebut merupakan produk cacat yang tidak sesuai spesifikasi yang kemudian di-*rework*. Hal ini merupakan kerugian bagi perusahaan, karena adanya nilai yang hilang. Misalnya ongkos produksi, biaya penyusutan serta kerugian waktu target. Persamaan matematis untuk fungsi kerugian (*Loss Function*) data atribut adalah sebagai berikut.

$$\text{Loss} = k \frac{p}{(1-p)} \quad (3)$$

#### g. Eksperimen Taguchi

Eksperimen dilakukan dengan setting faktor pada level yang telah ditentukan dengan *orthogonal array* yang terpilih. Dari eksperimen ini, akan dihasilkan setting faktor terbaik.

#### h. Pelaksanaan Eksperimen konfirmasi

Eksperimen pada tahap ini merupakan implementasi dari setting faktor terpilih berdasarkan eksperimen *Taguchi*. Faktor-faktor tersebut merupakan setting pada level faktor terbaik. Tujuan dari eksperimen konfirmasi adalah memastikan dan memeriksa hasil percobaan telah memenuhi target dan tujuan dari penelitian.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### a. Percobaan I (Kondisi Aktual)

Percobaan dilakukan sebanyak 24 kali percobaan dengan masing-masing percobaan 120 sampel produk celana dalam 1 mesin. Dari 5 mesin washing yang ada di lantai produksi di pilih satu mesin washing yaitu mesin washing 5, hal ini didukung data pengamatan langsung selama 1 minggu (13 – 18 April) diperoleh kesimpulan bahwa mesin washing 5 penyumbang prosentase cacat terbesar yaitu 22,1 %. Dari hasil wawancara pada bagian produksi mesin washing 5 didapatkan data aktual mengenai proses produksi washing, dengan suhu 80°C, takaran obat 7 kg/120 pcs dan rasio air 400 lt/120 pcs. Percobaan 1 dilakukan pada kondisi aktual perusahaan yang diterapkan pada saat ini. Percobaan 1 dilakukan 24 kali percobaan berdasarkan *matriks ortogonal array L<sub>8</sub>(2<sup>7</sup>)* dengan eksperimen 8 kali percobaan dengan replika disetiap percobaan sebanyak 3 kali.

Dari hasil percobaan 1 kondisi aktual perusahaan terdapat 720 produk yang mengalami cacat perbedaan warna pada mesin 5 dari 2.880 sampel produk yang dilakukan percobaan.

$$\text{Proporsi cacat} = \frac{x}{n} \quad (5)$$

$$\text{Proporsi cacat} = \frac{6}{24} = 0,25$$

Nilai fungsi kerugian satu dilakukan untuk mengetahui seberapa besar dampak kerugian biaya yang dikeluarkan dari keadaan aktual perusahaan dalam proses produksi. Hal ini dimaksudkan untuk membandingkan dengan hasil akhir percobaan pada tahap eksperimen 3. Untuk mengetahui kerugian yang dikeluarkan pada percobaan 1 ini harus mengetahui harga pokok produk. Harga pokok produk adalah Rp. 8.833,-. Perhitungan *Loss Function* pada kondisi aktual jika diketahui bahwa persentase cacat pada percobaan adalah 25%.

$$\begin{aligned} \text{Loss} &= k \frac{p}{(1-p)} \quad (6) \\ &= \text{Rp.}8.833 \frac{25\%}{(1-25\%)} \\ &= \text{Rp.}8.833 \frac{0.25}{(1-0.25)} \\ &= \text{Rp.} 2.944 / \text{produk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Loss function for eks ke - i (1)} &= \text{loss/produk} \times \text{banyaknya cacat} \quad (7) \\ &= \text{Rp.} 2.944 \times 120 \\ &= \text{Rp.} 353.320 \end{aligned}$$

$$\text{Total Kerugian hasil percobaan} = \text{Rp.} 2.119.920$$

$$\text{Total Produksi} = 2880$$

$$\text{Kerugian rata-rata} = \frac{\text{Totalkerugian}}{\text{totalproduksi}} \quad (8)$$

$$= \frac{Rp.2.119.920}{2880} = Rp. 736/ \text{produk}$$

Dari perhitungan diatas dapat dilihat bahwa kerugian yang ditanggung oleh perusahaan per unit satu produk sebesar Rp. 2.944/produk. sedangkan kerugian yang ditanggung oleh perusahaan setiap dilakukan eksperimen (percobaan) adalah Rp. 736/produk.

### b. Percobaan II (Taguchi)

Eksperimen 2 ini dilakukan berdasarkan *setting Taguchi* yang akan dilakukan. *Setting Taguchi* ini didapatkan dari hasil kuesioner masing-masing level. Pada faktor suhu *setting level* yang akan digunakan adalah level I suhu 80°C dan level II suhu 100°C. Pada faktor takaran obat *setting level* yang akan digunakan adalah level I 7 kg/120 pcs dan level II 8 kg/120 pcs. Pada faktor rasio air *setting level* yang akan digunakan adalah level I 400 lt/120 pcs dan level II 450 lt/120 pcs. Pada eksperimen II ini akan dilakukan percobaan sebanyak 8 kali percobaan dengan replika 3 kali pada masing-masing percobaan. Untuk *setting* eksperimen II ini pada masing-masing percobaan dipengaruhi oleh setiap level pada masing-masing faktor. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan tabel *matriks orthogonal*  $L_8(2^7)$ .

Berdasarkan hasil perhitungan tahapan ANOVA untuk mengetahui besarnya kontribusi masing-masing Faktor terhadap respon yang ada dalam eksperimen kualitas dari pewarnaan, maka dapat disimpulkan pada table 6.

Tabel 6. Hasil perhitungan ANOVA

FAKTOR	SQ	DF	Mq	F-ratio	Rho (%)
A	164,57	1	164,57	1149,20	5,71%
B	658,29	1	658,29	4596,80	22,86%
AB	0,00	1	0,00	0,00	0,00%
C	1481,14	1	1481,14	10342,80	51,4%
AC	164,57	1	164,57	1149,20	5,71%
BC	0,00	1	0,00	0,00	0,00%
error	411,43	2873,00	0,14		14,32%

Jika terdapat nilai  $Mq_{faktor}$  lebih kecil ( $\leq$ ) dari nilai  $Mq_{error}$  maka dilakukan *pooling up* untuk memberikan keyakinan terhadap tingkat signifikansi faktor tersebut. Dari tabel di atas, maka nilai  $Mq$  untuk interaksi AB (0.0) dan interaksi BC (0.0) lebih kecil dari nilai  $Mq_{error}$  yaitu 0.14.

*Pooling up* bertujuan agar adanya penghindaraan dari estimasi yang berlebihan dan juga menghindari kesalahan pada eksperimen. *Pooling up* dilakukan pada faktor-faktor yang mempunyai variansi terkecil  $Mq$  faktor dibandingkan  $Mq_{error}$ . Pertama dari *pooling up* adalah menggabungkan nilai  $Mq_{faktor}$  yang tidak signifikan ( $Mq_{faktor}$  lebih kecil nilai  $Mq_{error}$ ).

Tabel 7. *Pooling Up* ANOVA

FAKTOR	Sq'	V	Mq'	F-ratio	Rho (%)
A	164,57	1	164,43	1150,00	5,709%
B	658,29	1	658,14	4600,00	22,852%
AB	0,00	1	0	POOLED	
C	1481,14	1	1481,00	10350,00	51,424%
AC	164,57	1	164,43	1150,00	5,709%
BC	0,00	1	0	POOLED	
Error	411,43	2873	0,14	1	
Pooled e	412,00	2875	0,14		14,31%

Berdasarkan hasil perhitungan tahapan POOLING UP untuk mengetahui besarnya kontribusi masing-masing faktorterdhadap respon yang ada dalam eksperimen kualitas dari pewarnaan, maka dapat disimpulkan pada tabel 7.

Dari hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa faktor A, B, C dan interaksi AC ada pengaruh terhadap eksperimen pewarnaan celana jeans.

Tabel 8. Hipotesa

NO	Hipotesa	Nilai F	f (0,05;6;360)	Hasil Hipotesa
1	H0 : Tidak ada pengaruh Faktor A	1150	2,10	Ho DITOLAK
	H1 : Ada pengaruh Faktor A			
2	H0 : Tidak ada pengaruh Faktor B	4600	2,10	Ho DITOLAK
	H1 : Ada pengaruh Faktor B			
3	H0 : Tidak ada pengaruh Faktor AB	0	2,10	Ho DITERIMA
	H1 : Ada pengaruh Faktor AB			
4	H0 : Tidak ada pengaruh Faktor C	10350	2,10	Ho DITOLAK
	H1 : Ada pengaruh Faktor C			
5	H0 : Tidak ada pengaruh Faktor AC	1150	2,10	Ho DITOLAK
	H1 : Ada pengaruh Faktor AC			
6	H0 : Tidak ada pengaruh Faktor BC	0	2,10	Ho DITERIMA
	H1 : Ada pengaruh Faktor BC			

Pemilihan faktor dilakukan berdasarkan nilai perbandingan F-ratio hitung dengan F-tabel. Jika nilai F-hitung  $\geq$  F-tabel, maka faktor dinyatakan berpengaruh terhadap respon, dan dijadikan faktor terpilih. Nilai F-tabel didapat dari tabel F dengan tingkat kepercayaan 95%. Nilai dari  $F_{(0,05;6;360)}$  adalah 2,10. Dari hasil hipotesa pada Tabel 8 bahwa faktor yang memberikan pengaruh terhadap eksperimen pewarnaan celana jeans adalah faktor A, B, C dan interaksi AC. Untuk mengetahui respon dari masing-masing faktor maka dilakukan perhitungan respon rata-rata faktor untuk menentukan level mana yang paling baik. Level yang dipilih adalah level yang memberikan nilai terkecil, karena mengacu pada karakteristik atribut, maka *setting* parameter faktor terpilih untuk penelitian ini diambil dari nilai respon rata-rata terkecil. Perhitungan respon rata-rata faktor

$$A = \frac{\text{Respon total cacat}}{\text{Banyaknya eksperimen}} \quad (9)$$

$$A1 = \frac{720}{4} = 180$$

$$A2 = \frac{480}{4} = 120$$

Tabel 9. Respon Faktor Terpilih

Level	respon rata-rata			
	faktor			
	A	B	C	AC
1	180	210	60	120
2	120	90	240	180

Berdasarkan hasil perhitungan pada table 9 maka didapatkan faktor terpilih untuk *setting* parameter *Taguchi* dalam percobaan ini adalah A2B2C1 berdasarkan respon rata-rata. Berdasarkan dari ANOVA untuk data atribut, faktor yang berpengaruh dan mempunyai kontribusi terbesar untuk meminimasi kelompok cacat adalah faktor A2B2C1. Berikut penghitungan perkiraan kondisi optimal dan selang kepercayaan disajikan dengan menerapkan formula 10 hingga 19. Perkiraan kondisi optimal

$$\Omega_{predicted} = \Omega_{cacat} + (\Omega_{A2} - \Omega_{cacat}) + (\Omega_{B2} - \Omega_{cacat}) + (\Omega_{C1} - \Omega_{cacat}) (\Omega_{Ax1} - \Omega_{cacat}) \quad (10)$$

$$\Omega_{predicted} = -1,46 + (-3,01 - (-1,46)) + (-4,77 - (-1,46)) + (-6,99 - (-1,46)) + (-3,01 - (-1,46))$$

$$\Omega_{predicted} = -13,46$$

Transformasi persentase cacat:

$$\mu = \frac{1}{1 + 10^{\frac{\Omega}{-10}}} \quad (11)$$

$$\mu = \frac{1}{1 + 10^{\frac{-13,46}{-10}}}$$

$$\mu = 0,0691 = 6,91 \%$$

Penghitungan confident interval:

$$n_{eff} = \frac{vT}{vu+vA+vB+vC+vAxvC} \quad (12)$$

$$n_{eff} = \frac{2879}{5} = 575,8$$

$$CI = \sqrt[2]{(F0,05,1,2875 \times Vpooled \times \mu \times (1 - \mu) \times \frac{1}{n_{eff}})} \quad (13)$$

$$CI = \sqrt[2]{(3,84 \times 0,143 \times 0,0691 \times (1 - 0,0691) \times \frac{1}{575,8}}$$

$$CI = \sqrt[2]{(0,038 \times 0,93 \times 0,0017}$$

$$CI = \pm 0,0078$$

Maka selang kepercayaan untuk proses optimal adalah:

$$\mu_{prediksi} - CI \leq \mu_{prediksi} \leq \mu_{prediksi} + CI \quad (14)$$

$$0,0691 - 0,0078 \leq \mu_{prediksi} \leq 0,069 + 0,0078$$

$$0,0613 \leq \mu_{prediksi} \leq 0,077$$

### c. Eksperimen Konfirmasi Eksperimen III

Percobaan konfirmasi ini berdasarkandari hasil setting parameter terpilih pada eksperimen tagusci II. Faktor terpilih beserta levelnya adalah A2B2C1, dimana A2 (suhu pedam 100°C), B2 (takaran obat 8 kg) dan C1 (rasio air 400 lt). Hasil percobaan Eksperimen III diperoleh sebagai berikut.

Perhitungan SNR-fraction defective rata-rata dari 24 percobaan :

$$p = \frac{x}{n} \quad (15)$$

$$= \frac{1}{24}$$

$$= 0,0417$$

$$nP = -10 \log_{10} \left[ \frac{1}{0,0417} - 1 \right] \quad (16)$$

$$= -13,62$$

Menghitung selang kepercayaan eksperimen konfirmasi

$$\mu = \frac{1}{1 + 10^{\frac{-n}{-10}}} \quad (17)$$

$$\mu = \frac{1}{1 + 10^{\frac{-13,61}{-10}}}$$

$$\mu = \frac{1}{14,61} = 0,069$$

$$\mu = CI = \sqrt[2]{(F0,05,1,2875 \times Vpooled \times \mu \times (1 - \mu) \times \frac{1}{n_{eff}})} \quad (18)$$

$$CI = \sqrt[2]{(3,84 \times 0,143 \times 0,069 \times (1 - 0,069) \times \frac{1}{575,8}} = \pm 0,007$$

Maka selang kepercayaan untuk proses konfirmasi adalah:

$$\mu_{konfirmasi} - CI \leq \mu_{konfirmasi} \leq \mu_{konfirmasi} + CI \quad (19)$$

$$0,069 - 0,007 \leq \mu_{konfirmasi} \leq 0,069 + 0,007$$

$$0,062 \leq \mu_{konfirmasi} \leq 0,076$$

Berdasarkan gambar 5 menunjukkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata dapat diterima dengan pertimbangan selang kepercayaan karena pada gambar diatas menjelaskan bahwa hasil dari eksperimen konfirmasi masih berada dalam interval optimal. Hal ini berarti hasil eksperimen *Taguchi* dapat direproduksi dan *setting level* optimal dapat dijadikan acuan dalam proses pewarnaan celana jeans.

Untuk mengetahui kerugian yang dikeluarkan pada eksperimen III ini harus mengetahui harga pokok produksi. Harga pokok produksi eksperimen tiga ini berdasarkan hasil dari *setting* optimal. Dengan *setting* sebagai berikut ini A2B2C1, dimana A2 (suhu pendam 100°C), B2 (takaran obat 8 kg) dan C1 (rasio air 400 lt). diketahui harga pokok produksi eksperimen III sebesar Rp. 9.171.

$$\begin{aligned} \text{Loss function /product} &= \text{Rp.}9.171 \times \frac{4,17\%}{(1-4,17\%)} \\ &= \text{Rp.}9.171 \times 0,04348 \\ &= \text{Rp.} 399/ \text{produk} \end{aligned}$$

Berikut ini adalah perhitungan *loss function for eksperimen ke-i* :

$$\begin{aligned} \text{Loss function for eks ke -i} &= \text{banyaknya cacat} \times \text{loss/produk} \\ &= \text{Rp.} 399 \times 120 \\ &= \text{Rp.} 47.849,- \end{aligned}$$

Untuk kerugian rata-rata per *part loss function*

Total Kerugian : Rp. 47.849  
Total Produksi : 2880

$$\text{Kerugian rata-rata} = \frac{\text{total kerugian}}{\text{total produksi}}$$

$$\text{Kerugian rata-rata} = \frac{\text{Rp.}47.849}{2880}$$

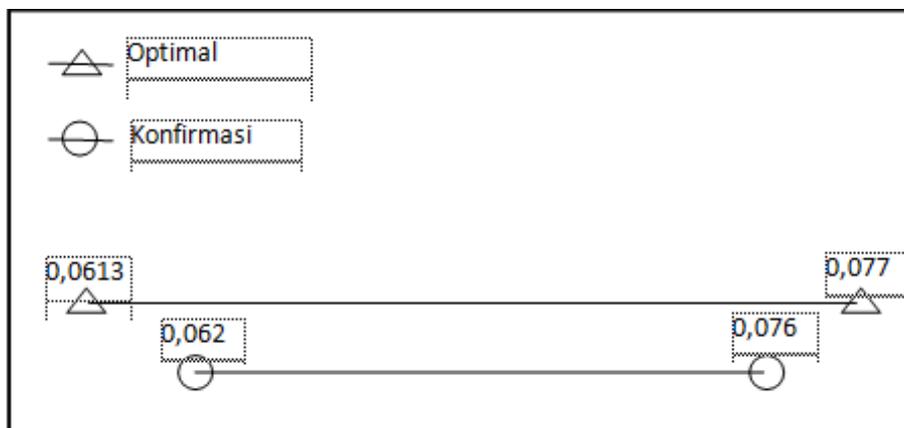
Kerugian rata-rata = Rp. 16,61 / produk

Dari hasil perhitungan diatas dapat dilihat bahwa kerugian pada satu produk sebesar Rp. 399 persatu unit produk. Total kerugian yang ditanggung oleh perusahaan sebesar Rp. 47.849 pada tahap eksperimen III. Pada eksperimen III ini dengan 24 kali percobaan, rata-rata kerugian yang ditanggung oleh perusahaan sebesar Rp. 16,61 persatu unit produk.

#### d. Uji Selisih antara 2 Proporsi

Uji selisih dua proporsi ini berguna untuk mengetahui apakah terjadi perubahan proporsi yang cukup signifikan sebelum dilakukan percobaan dengan implementasi. Uji selisih antara dua proporsi untuk membuktikan bahwa terjadi peningkatan dalam perbaikan *setting* proses pewarnaan celana jeans pada mesin washing. Dimana untuk  $P_1$  merupakan data awal sedangkan untuk  $P_2$  merupakan proporsi data konfirmasi.

Kriteria penerimaan hipotesa adalah terima  $H_1$  jika nilai  $Z$  tabel  $<$   $Z$  hitung. Nilai  $Z$  tabel untuk  $\alpha = 0,05$  adalah 1,65. Berdasarkan hasil dari perhitungan nilai  $Z$  hitungan lebih besar dari  $Z$  tabel. Maka  $H_1$  diterima, karena proporsi cacat  $P_1 > P_2$  dan ada pengaruh eksperimen *Taguchi* dengan *setting* optimal.



Gambar 5. Perbandingan Selang Kepercayaan

## Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa hasil identifikasi faktor yang berpengaruh terhadap kualitas pewarnaan celana jeans berdasarkan hasil kuesioner dengan persentase diatas 50% adalah faktor Suhu, Rasio Air dan Takaran Obat. Selain itu, hasil eksperimen *Taguchi* didapatkan formulasi takaran perbandingan setting optimal terpilih beserta level adalah A2B2C1, dimana A2 (suhu 100°C), B2 (takaran obat 8 kg) dan C1 (rasio air 400 lt). Setting optimal hasil eksperimen *Taguchi* ini akan diimplementasikan dalam instruksi kerja yang berupa SOP yang berguna untuk mengurangi kesalahan operator dalam menentukan takaran perbandingan. Perbandingan kondisi actual dan hasil rancangan adalah sebagai berikut:

Variabel perbandingan	Kondisi Aktual	Kondisi Usulan
Setting Proses Washing		
Suhu:	80 derajat Celcius	100 derajat Celcius
Takaran obat pewarna:	7 kg	8 kg
Air:	400 liter	450 liter
Tingkat Kecacatan	19,86 %	4,16%
Total Kerugian	Rp. 2.199.920	Rp. 47.849

## Daftar Notasi

- L = Rancangan Bujur sangkar latin
- a = Banyaknya Baris / eksperimen
- b = banyaknya level
- c = banyak kolom / factor
- k = Harga pokok produk (Rp.)
- p = Persentase cacat (%)
- x = Jumlah cacat (unit)
- n = jumlah sampel (unit)

## Daftar Pustaka

- Balavendram, N. (1995). *Quality By Design : Taguchi Techniques For Industrial Experimentation*, New York: Prentice Hall.
- Basuki, Mahmud. (2013). Desain Eksperimen Menggunakan Metode *Taguchi* untuk Mengurangi Tingkat Kecacatan Produk Nata De Coco di CV. Agrindo Suprafood Yogyakarta, *Jurnal penelitian Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga : Yogyakarta*.
- Gaspersz, Vincent. (2002). *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001:2000, MBNQA & HACCP*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hicks. (1993). *Fundamental Concepts in the Design of Eksperiments, 4th Edition*. New York: Oxford University Press
- Kesuma, Zurnila Marli, M. Si. (2006). Analysis Of Attribute Data in *Taguchi's* Approach, *Jurnal penelitian Universiti Sains Malaysia : Malaysia*.
- Muis, Saludin. (2011). *Metodologi 6 Sixma, Edisi Pertama*, Yogyakarta: Graha Ilmu
- Peace, Glen Stuart. (1993). *Taguchi Medhods: a Hands-On Approach*. New York: Addison-Wesley Publishing Company
- Permatasari, Shabrina Rahma.(2013). Penerapan Metode Six Sigma dengan Pendekatan Metode Metode *Taguchi* Untuk Menurunkan Produk Cacat, (Studi Kasus : Sentra Industri Genteng Tanah Liat Desa Pacar Peluk, Kecamatan Megaluh, Kabupaten Jombang). *Jurnal Penelitian Universitas Brawijaya:Malang*.
- Phadke, Madhav Shridhar. (1989). *Quality Engineering Using Robust Design*, P T R Prentice-Hall, America.
- Putra, Boy Isma. (2010). Penerapan Metode Six Sigma Untuk Menurunkan Kecacatan Produk Frypan Di CV. Corning Sidoarjo, *Jurnal penelitian Universitas Muhammadiyah: Sidoarjo*
- Ross, Phillip J. (1998). *Taguchi Techniques For Quality Engineering, Loss Function, Orthogonal Experiment, Parameter and Tolerance Desain*. New York: Mc. Graw-Hill Book Company
- Soejanto, Irwan. (2009). *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi, Edisi Pertama*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Soejanto, Irwan. (2008). *Rekayasa kualitas: Eksperimen dengan Teknik Taguchi*. Surabaya: Yayasan Humaniora.
- Triawati, Nina. (2007). Penentuan Setting Level Optimal untuk Meningkatkan Kualitas Benang Rayon (30R) dengan Eksperimen *Taguchi* Sebagai Upaya Jaminan Atas Spesifikasi Kualitas Benang, *Jurnal penelitian Universitas Sebelas Maret: Surakarta*.
- Windarti, Tantri. (2014). Pengendalian Kualitas untuk Meminimasi Produk Cacat Pada Proses Produksi Besi Beton, *Jurnal penelitian STMK Surabaya: Surabaya*.