

**PENINGKATAN KUALITAS PRODUK PAD LINE PADA MESIN GLUE
NOTE BOOK P 15-42/13 DENGAN METODE TAGUCHI ATTRIBUTE
(STUDI KASUS DI PABRIK KERTAS MOJOKERTO)**

Evi Rachma Wijayanti* dan Haryono**

*Program Studi Magister Manajemen Teknologi ITS

**Jurusan Statistik FMIPA-ITS

ABSTRACT: One of the products of PT X, a paper manufacturing industry, is Pad Line Book. In order to maximize profit, PT X tried to reduce the production cost by maximizing defect. The current defect is approximately 5,56%. This research used Six Sigma quality method for improving the quality. The method consisted of five steps: i.e. Define-Measure-Analyze-Improve-Control. Define step was used to identify defect root cause, using tool such as percentage control chart, while measure step is used to identify the type of defects. Analyze step defined the process variables including the levels that affect the quality significantly using Taguchi method matrix experiment (Orthogonal Array). The improve step defines the optimal response developed by Taguchi called Signal to Noise Ratio. The last step, control step provides the company with information on process variables that gives maximum contribution to achieve optimal response solution. By using attribute Taguchi method based on Six Sigma step, the process variables including levels combination that contributes to optimal solution all identified. For producing the Pad Line Books the combination was as follows; speed 400 m/s, glue pump pressure 3 bars, roll distance 0,3 m and temperature 55°C. The overall quality improvement was 67,28% and the improvement itself grew from 4,23 six sigma to 4,33 six sigma.

Keywords: orthogonal array, Taguchi method, variance analysis

1. PENDAHULUAN

Di dalam industri manufaktur, faktor kualitas memegang peranan penting. Standar kualitas ditentukan untuk menentukan apakah hasil produksi tersebut telah memenuhi syarat atau tidak. PT X sebagai salah satu industri manufaktur yang bergerak di bidang kertas dan perlengkapan kantor memiliki kriteria tertentu dalam kontrol kualitasnya. Salah satu produk yang dihasilkan PT X adalah *pad line book*, yang menggunakan proses otomatis pada mesin *Glue Note Book*.

Prosentase *defect/cacat* yang terbesar adalah rusak *back tape* sebesar 36,3%, lem masuk parah sebesar 13,3%, dan lem lepas parah sebesar 12,3%. Untuk mengurangi cacat *back tape*, lem masuk parah dan lem lepas parah adalah dengan penyetelan kecepatan pembuatan buku, tekanan pompa pengeleman, jarak roll pengeleman dengan punggung buku, dan suhu pengeringan lem *back tape*. Hal ini diakibatkan oleh kondisi material yang digunakan. Tingkat produk cacat saat ini mencapai $\pm 5,56\%$ dan proses berada pada tingkat $\sigma = 4,23\sigma$.

Berdasarkan kondisi tersebut di atas, tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan faktor kecepatan pembuatan buku, tekanan pompa pengeleman, jarak roll pengeleman dengan punggung buku, dan suhu pengeringan lem *back tape* dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap kualitas produk *pad line*.

2. Menentukan apabila faktor-faktor tersebut memberikan pengaruh yang signifikan, bagaimana setting yang tepat untuk kecepatan buku, jarak roll pengeleman dengan punggung buku dan suhu sehingga variabel respon yakni jumlah produk cacat yang terjadi menjadi kecil.
3. Menentukan prosentase perbaikan yang harus dilakukan dengan level yang menghasilkan respon optimum.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada tahap ini dilakukan proses perbaikan dengan metode Taguchi untuk atribut dengan menggunakan prosedur *Six Sigma Quality* (Gasperesz, 2002). Hal-hal yang dilakukan pada masing-masing langkah adalah sebagai berikut:

1. Tahap *define* mempelajari permasalahan penyebab terjadinya cacat dengan grafik kendali prosentase.
2. Tahap *measure* menentukan jenis-jenis cacat yang terjadi.
3. Tahap *analyze* meneliti variabel proses dan level yang diduga mempengaruhi kualitas produk serta menyusun rancangan eksperimen Taguchi.
4. Tahap *improve* dilakukan pengujian level-level variabel proses yang optimum dengan prosedur Taguchi.
5. Tahap *control* memberikan informasi pada perusahaan mengenai variabel-variabel proses penting yang harus diperhatikan.

Ratio Signal to Noise untuk Prosentase Cacat

Secara umum, suatu nilai prosentase cacat tidak mungkin bernilai negatif. Namun di dalam perhitungan, dapat diperoleh nilai negatif. Untuk mengatasi masalah tersebut maka dilakukan transformasi Omega yaitu:

$$\Omega = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{P} - 1 \right) \dots \dots \dots (1)$$

Nilai yang diperoleh dari transformasi Omega ditransformasikan kembali menjadi prosentase cacat, yaitu:

$$P = \frac{1}{1 + 10^{-\Omega/10}} \dots \dots \dots (2)$$

Interval Keyakinan

Terdapat tiga hal untuk menghitung interval keyakinan, yaitu:

1. Interval keyakinan level faktor.

$$CI = \sqrt{\frac{1}{n} x F_{v_1, v_2, \alpha}} \dots \dots \dots (3)$$

dimana :

n = jumlah pengamatan; MSE = mean square error
 $F_{v_1, v_2, \alpha}$ = nilai pada tabel F dengan derajat bebas dari faktor dan error

2. Interval keyakinan nilai taksiran rata-rata.

$$CI = \sqrt{\frac{1}{n_{eff}} x MSE x F_{v_1, v_2, \alpha}} \dots \dots \dots (4)$$

dimana : n_{eff} = banyak pengamatan efektif

$$= \frac{\text{total banyak eksperimen}}{\text{jumlah db digunakan untuk mengetahui nilai}}$$

3. Interval keyakinan eksperimen konfirmasi.

$$CI = \sqrt{\left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right] \times MSE \times F_{\alpha, v_1, v_2, \alpha}} \dots \dots \dots (5)$$

dimana : r = banyak replikasi untuk eksperimen konfirmasi.

Analisa Variansi untuk Data Atribut

Untuk melakukan analisa variansi pada data atribut ada beberapa langkah yang harus dilakukan (Balavendram, 1995):

1. Membuat tabel Orthogonal Array beserta hasilnya untuk setiap kategori.
2. Membuat frekuensi kumulatif dari kategori.
Untuk tidak = I, beberapa = II, dan parah = III, maka frekuensi kumulatif: (I) = I, (II) = I+II, (III) = I+II+III
3. Menghitung total frekuensi kumulatif tiap kategori.
4. Menghitung prosentase cacat tiap kategori:

$$P_{(N)} = \frac{f_N}{f_{(N)}} \dots \dots \dots (6)$$

dimana: $f_{(N)} = f_I + f_{II} + \dots + f_N$

5. Menghitung bobot tiap kategori:

$$\omega_N = \frac{f^2_{(N)}}{f_N \times (f_{(N)} - f_N)} \dots \dots \dots (7)$$

6. Menghitung total jumlah kuadrat tiap kategori:

$$SS_I = SS_{II} = \text{total jumlah kuadrat kategori I} = f_{(I)}$$

7. Menghitung total jumlah kuadrat seluruhnya untuk kategori I dan II:

$$SS_{total} = \text{total jumlah kuadrat kategori I dan II} = f_{(I)} + f_{(II)}$$

8. Menghitung derajat bebas tiap kategori:

$$v_I = v_{II} = f_{(III)} - I$$

9. Menghitung total jumlah derajat bebas:

$$V_{total} = \text{jumlah derajat bebas kelas I dan II}$$

10. Menghitung jumlah kuadrat rata-rata tiap kelas:

$$SS_{mN} = \frac{f_N^2}{f_{(III)}} \omega_N \dots \dots \dots (8)$$

11. Menghitung jumlah kuadrat rata-rata :

$$SS_m = \text{jumlah kuadrat rata-rata kelas I dan II} \\ = SS_{m1} + SS_{m2}$$

12. Menghitung jumlah kuadrat faktor.

$$SS_A = \frac{(f_{I A1}^2 + f_{I A2}^2) \times \omega_I + (f_{II A1}^2 + f_{II A2}^2) \times \omega_{II}}{4n} \dots \dots \dots (9)$$

13. Menghitung derajat bebas faktor: $V_A = (\text{banyak kelas}-1) \times (\text{banyak level}-1)$
Untuk faktor yang lain juga dihitung dengan cara yang sama.

14. Menghitung jumlah kuadrat kesalahan SS_e derajat bebas kesalahan V_e .

$$SS_e = SS_{total} - (SS_A + SS_B + SS_C + SS_D + \dots)$$

$$V_e = V_{total} - (V_A + V_B + V_C + V_D + \dots)$$

15. Membuat analisa variansi.
16. Menghitung taksiran proses optimal.
17. Menghitung interval keyakinan nilai prediksi rata-rata.

Besarnya Peningkatan Mutu (Reduction Loss to Society)

Untuk mengetahui peningkatan mutu dalam kondisi optimal dibandingkan dengan kondisi saat ini digunakan rumus:

$$\zeta = \text{kMSD}_{\text{existing}} \times \left[1 - 0.5^{\left(\frac{\eta_{\text{optimal}} - \eta_{\text{existing}}}{3} \right)} \right] \dots\dots\dots(10)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses perbaikan menggunakan pendekatan Six Sigma dengan siklus *Define, Measure, Analyze, Improve dan Control* (Pyzdek, 2002):

Define: Dari diagram Pareto proses pembuatan *Pad Line Book* diketahui prosentase *defect/cacat* yang terbesar adalah rusak *back tape* sebesar 36,3%, kemudian lem masuk parah sebesar 13,3% dan lem lepas parah sebesar 12,3%. Variabel yang berpengaruh adalah kecepatan pembuatan buku, tekanan pompa pengeleman, jarak roll pengeleman dengan punggung buku, dan suhu.

Measure: Pada tahap ini dilakukan perhitungan kapabilitas proses dengan menghitung nilai sigma quality proses produksi sebelum dilakukan perbaikan sebesar 4,23 yang mencerminkan DPMO (*defect per million opportunities*) sebanyak 3,126. Dari diagram pareto diketahui variabel respon yang merupakan *critical to quality* yang diamati dari jenis jumlah cacat terbesar yaitu rusak *back tape*, lem masuk parah dan lem lepas parah.

Analyze: Pada tahap ini diketahui ada 4 faktor utama yang mempengaruhi masing-masing level, yaitu:

- Faktor A : Kecepatan pembuatan buku/speed (350 m/dtk - 400/dtk - 450 m/dtk) .
- Faktor B : Tekanan pompa pengeleman (2 bar - 3 bar - 4 bar)
- Faktor C : Jarak roll pengeleman pada punggung buku (0,2mm - 0,25mm - 0,3mm)
- Faktor D : Suhu (50⁰C - 55⁰C - 60⁰C)
- Faktor noise E: Bahan (A-B)

Dari faktor-faktor tersebut di atas, di buat model eksperimen yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Improve : Analisa Prosentase Cacat. Data respon dari pengaruh faktor yang ada dapat dilihat pada Tabel 2. Berikut adalah perhitungan transformasi Omega:

$$\Omega = -10\log_{10}(1/P_{b2}-1) + -10\log_{10}(1/P_{a2}-1) + -10\log_{10}(1/P_{c2}-1) - 2x-10\log_{10}(1/Y^{-1}) = -25,8167$$

Melakukan transformasi dari nilai Omega yang diperoleh ke nilai P.

$$P = \frac{1}{1 + 10^{-\frac{\Omega}{10}}} = 0,0026 = 0,26 \%$$

Dari hasil perhitungan analisa prosentase cacat parah yang diprediksikan adalah 0,26%.

Tabel 1. Tabel Orthogonal Array $L_9(3^4)$

	Variabel Proses				Bahan		
	A	B	C	D	Tidak	Sedang	Parah
1	350	2	0,2	50			
2	350	3	0,25	55			
3	350	4	0,3	60			
4	400	2	0,25	60			
5	400	3	0,3	50			
6	400	4	0,2	55			
7	450	2	0,3	55			
8	450	3	0,2	60			
9	450	4	0,25	50			

Tabel 2. Tabel Respon dari Pengaruh Faktor

	Level	A	B	C	D
Tidak	level 1	264	269	278	255
	level 2	281	280	257,5	272
	level 3	254	250	263,5	272
Sedang	level 1	24,5	21,5	15,5	37,5
	level 2	13	15	36,5	17
	level 3	39	40	24,5	22
Parah	level 1	11,5	9,5	6,5	7,5
	level 2	6	5	6	11
	level 3	7	10	12	6
Selisih Tidak		27	30	20,5	17
Selisih Sedang		26	25	21	20,5
Selisih Parah		1	15	6	5
Rangking		2	1	3	4

Analisa Variansi. Tabel 3 menyajikan data kerusakan yang diperoleh.

Tabel 3. Tabel Data

	A	B	C	D	Tidak	Sedang	Parah	Total
1	350	2	0,2	50	89	7,5	3,5	100
2	350	3	0,25	55	91,5	5,5	3	100
3	350	4	0,3	60	83,5	11,5	5	100
4	400	2	0,25	60	93,5	5,5	1	100
5	400	3	0,3	50	93,5	4,5	2	100
6	400	4	0,2	55	94	3	3	100
7	450	2	0,3	55	86,5	8,5	5	100
8	450	3	0,2	60	95	5	0	100
9	450	4	0,25	50	72,5	25,5	2	100

Dari Tabel 3 dapat dibuat frekuensi kumulatif yang disajikan pada Tabel 4. Tabel 5. menyajikan respon dari pengaruh faktor kategori tidak dan sedang.

$$S_A = \frac{(f_{IA1}^2 + f_{IA2}^2)x\omega_I + (f_{IIA1}^2 + f_{IIA2}^2)x\omega_{II}}{4n} - S_m = 165,6100$$

$$S_B = \frac{(f_{IB1}^2 + f_{IB2}^2)x\omega_I + (f_{IIB1}^2 + f_{IIB2}^2)x\omega_{II}}{4n} - S_m = 173,3099$$

$$S_C = \frac{(f_{IC1}^2 + f_{IC2}^2) \times \omega_I + (f_{IC1}^2 + f_{IC2}^2) \times \omega_{II}}{4n} - S_m = 106,1327$$

$$S_D = \frac{(f_{ID1}^2 + f_{ID2}^2) \times \omega_I + (f_{ID1}^2 + f_{ID2}^2) \times \omega_{II}}{4n} - S_m = 105,6262$$

Derajat bebas untuk tiap faktor.

$$V_A = (\text{Jumlah kategori} - 1) \times (\text{Jumlah level} - 1) = 4$$

$$V_A = V_B = V_C = V_D$$

Perhitungan jumlah kuadrat kesalahan.

$$S_e = ST - (S_A + S_B + S_C + S_D) = 1249,321$$

$$V_e = VT - (V_A + V_B + V_C + V_D) = 1782$$

Tabel 4. Frekuensi Kumulatif

	A	B	C	D	Frekuensi			Frekuensi Kumulatif		
					I	II	III	(I)	(II)	(III)
1	350	2	0,2	50	89	7,5	3,5	89	96,5	100
2	350	3	0,25	55	91,5	5,5	3	91,5	97	100
3	350	4	0,3	60	83,5	11,5	5	83,5	95	100
4	400	2	0,25	60	93,5	5,5	1	93,5	99	100
5	400	3	0,3	50	93,5	4,5	2	93,5	98	100
6	400	4	0,2	55	94	3	3	94	97	100
7	450	2	0,3	55	86,5	8,5	5	86,5	95	100
8	450	3	0,2	60	95	5	0	95	100	100
9	450	4	0,25	50	72,5	25,5	2	72,5	98	100
Total					799	76,5	24,5	799	875,5	900

Keterangan : I: Kategori tidak cacat, II: Kategori cacat sedang, III: Kategori cacat parah

Tabel 5. Tabel Respon dari Pengaruh Faktor Kategori Tidak dan Sedang

	Level	A	B	C	D
Tidak	level 1	264	269	278	255
	level 2	281	280	257,5	272
	level 3	254	250	263,5	272
Sedang	level 1	24,5	21,5	15,5	37,5
	level 2	13	15	36,5	17
	level 3	39	40	24,5	22

Data analisa hasil varian dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Tabel Analisa Variansi

Faktor	Pool	Sq	v	M _c	Sq'	Rho %
A		165,6100	4	41,40249	122,6901	9,114104
B		173,3099	4	43,32748	128,4651	9,541878
C	Y	106,1327	4	26,53317	-	-
D	Y	105,6262	4	26,40656	-	-
e	Y	1249,321	1782	0,701078	-	-
Pooled e		1461,080	1788	0,855013	1548,845	81,3396
ST		1800	1798		1800	100

Dari Tabel 6 dapat dicari proses optimum yang diprediksikan untuk kategori tidak cacat (μ_1) dan cacat sedang (μ_2).

- Untuk (μ_I) :

$$\mu_I = \frac{1}{1 + 10^{-13}} = 0,7679$$

- Untuk (μ_{II}) :

$$\mu_{II} = \frac{1}{1 + 10^{-10}} = 0,752739$$

Interval keyakinan untuk tiap kategori dengan mengambil nilai $\alpha = 0,05$

$$n_{eff} = \frac{VT}{v_\mu + v_A + v_B} = 199,7778$$

$$CI_I = \pm \sqrt{3.84 * 0.8550 * 0.7679 * (1 - 0.7679) * \frac{1}{199.778}} = \pm 0,0541$$

$$CI_{II} = \pm \sqrt{3.84 * 0.8550 * 0.7527 * (1 - 0.7527) * \frac{1}{199.778}} = \pm 0,0553$$

Jadi interval keyakinan untuk kategori :

- Tidak cacat : $0,7138 \leq CI \leq 0,8220$
- Cacat sedang : $0,6974 \leq CI \leq 0,8080$

Peningkatan Mutu

Pada kondisi yang ada sekarang ini, prosentase cacat produk sebesar $\pm 5,56\%$, sehingga:

$$\eta = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{1 - 0.0556} - 1 \right) = 12,3008$$

Besarnya peningkatan mutu adalah :

$$\zeta = k \text{MSD}_{\text{existing}} \times \left(1 - 0.5^{\left(\frac{10.0332 - 12.3008}{3} \right)} \right) = k \text{MSD}_{\text{existing}} \times 0,672771$$

Besarnya peningkatan mutu yang dicapai adalah sebesar 67,28%.

Eksperimen Konfirmasi

Hasil eksperimen konfirmasi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Eksperimen Konfirmasi

KATEGORI	A	B
TIDAK	82	82
SEDANG	10	12
PARAH	8	6

Menghitung batas atas dan batas bawah eksperimen konfirmasi

- Untuk bahan A :

$$\mu_{\text{konfirmasi}} - CI \leq \mu_{\text{konfirmasi}} \leq \mu_{\text{konfirmasi}} + CI$$

$$0,8178 \leq \mu_{\text{konfirmasi}} \leq 0,8222$$

- Untuk bahan B :

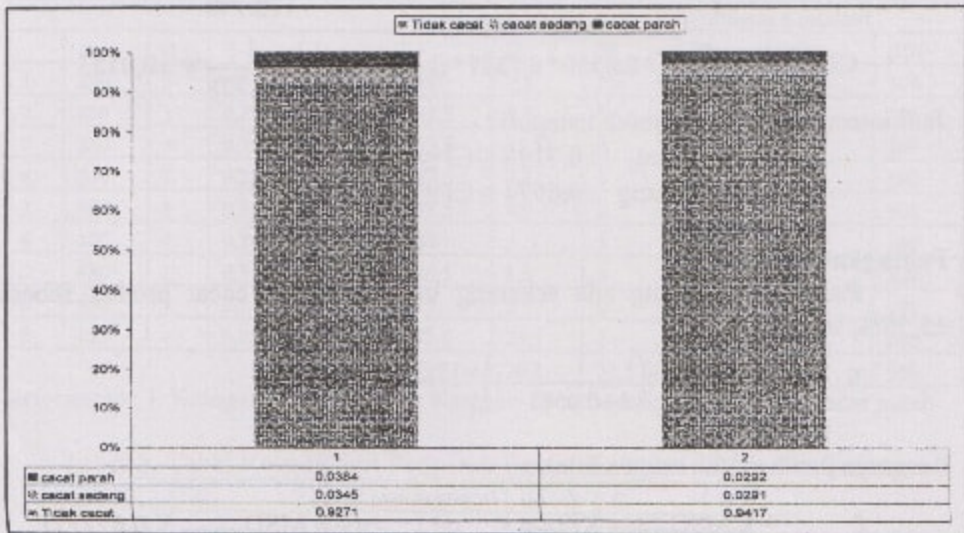
$$\mu_{\text{konfirmasi}} - CI \leq \mu_{\text{konfirmasi}} \leq \mu_{\text{konfirmasi}} + CI$$

$$0,8178 \leq \mu_{\text{konfirmasi}} \leq 0,8222$$

Eksperimen konfirmasi dapat diterima bila interval keyakinannya berpotongan dengan interval yang diprediksi. Karena BA dan BB dari interval keyakinan yang diprediksi adalah $0,7138 \leq \mu_t \leq 0,8220$. Sedangkan BA dan BB dari interval keyakinan dari eksperimen konfirmasi adalah $0,8178 \leq \mu_{konfirmasi} \leq 0,8222$ maka eksperimen konfirmasi dapat diterima, atau dapat diterapkan ke skala industri.

Control

Tahap ini merupakan tahap akhir dari siklus DMAIC, dimana dilakukan validasi terhadap sistem perbaikan yang baru dengan menghitung kembali nilai sigma proses produksi setelah dilakukan perbaikan. Nilai sigma setelah *improvement* sebesar 4,33 yang mencerminkan DPMO (*defect per million opportunities*) sebanyak 2,327 (Gambar 2).



Gambar 2. Kondisi Sebelum dan Sesudah Perbaikan

4. KESIMPULAN

Terjadi peningkatan level kompetensi dalam perbaikan proses yang tercermin pada peningkatan nilai six sigma dari 4,23 menjadi 4,33. Peningkatan level kompetensi tersebut dicapai karena didapatkan setting yang menghasilkan hasil optimum dari penerapan proses perbaikan dengan menggunakan *Design Of Experiment* berbasis pada metodologi Six Sigma. Setting yang menghasilkan hasil optimum adalah: faktor A: kecepatan pembuatan buku = 400 m/detik, faktor B: tekanan pompa pengeleman= 3 bar, faktor C: jarak roll pengeleman punggung buku = 0,3 mm, faktor D: suhu = 55^oC.

Peningkatan mutu yang dicapai adalah 67,28%. Terjadi peningkatan mutu buku tidak cacat dari 92,71% menjadi 94,17%, buku cacat sedang dari 3,45% menjadi 2,91%, dan buku cacat parah dari 3,84% menjadi 2,92%.

DAFTAR PUSTAKA

Balavendram, N., 1995. *Quality By Design*, Prentice Hall International (UK) Limited.
 Gaspersz, V., 2002. *Six Sigma*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
 Pyzdek, T., 2002. *The Six Sigma Handbook*, Salemba Empat, Jakarta