

Perbandingan Peta Kendali \bar{X} -R Dan EWMA Dengan Pendekatan P-Value Untuk Mendeteksi Pergeseran Rata-Rata Proses Di PT.XYZ

Alin Widiawati¹, Faula Arina², Putro Ferro Ferdinant³

^{1, 2, 3}Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

alin.widiawati@yahoo.com¹, faulaarina@yahoo.com², putro.ferro@ft-untirta.ac.id³

ABSTRAK

Kualitas yang baik berasal dari suatu proses yang terkendali. Suatu proses dikatakan terkendali dan stabil jika mempunyai rata-rata konstan di sekitar target. Pendeteksian pergeseran proses yang kecil atau besar merupakan suatu masalah yang penting dalam menjaga proses tetap stabil, sehingga produktivitas tetap terjaga. Peta kendali yang efektif adalah peta kendali yang dapat mendeteksi dengan cepat pergeseran rata-rata yang sangat kecil. PT. XYZ yang sedang mengerjakan pembuatan Belt Conveyor dimana banyak terdapat masalah terutama ukuran yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan perusahaan dan konsumen. Salah satu karakteristik yang akan diteliti yaitu karakteristik kualitas pada panjang pintu Belt Cover kanan. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi adanya pergeseran rata-rata proses yang kecil, mengetahui peta kendali \bar{X} -R dan EWMA dalam mendeteksi proses yang tidak terkendali dan dengan pendekatan p-value, mengetahui penyebab proses tersebut tidak terkendali dan mengetahui indeks kemampuan proses. Dalam hal tersebut diduga bahwa peta kendali \bar{X} -R tidak mampu mendeteksi adanya pergeseran proses yang kecil, maka diusulkanlah peta kendali Cumulative Sum (CUSUM) Standard dan Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) serta pendekatan P-value yang mampu mendeteksi pergeseran proses yang kecil. Dari kajian dan analisa yang telah dilakukan, teramati bahwa peta kendali CUSUM dan EWMA mampu mendeteksi tanda pergeseran rata-rata pada tingkat variasi kurang dari $1,5\sigma$ menggunakan peta kendali Cumulative Sum (CUSUM) Standar. Kombinasi P-value menggunakan tabel dengan peta kendali \bar{X} peta kendali EWMA, dari hasil yang didapat pada peta kendali EWMA lebih sensitif terdapat 18 yang terdeteksi out off control dibanding peta kendali \bar{X} -R dengan pendekatan P-value yaitu hanya 11 dan 16 yang terdeteksi out off control. Indeks kemampuan proses pada karakteristik panjang pintu Belt Cover yaitu nilai C_p yaitu 1,11 yang artinya kapabilitas proses tersebut baik karena $1 \leq C_p \leq 1.33$ namun C_{pk} kurang dari 1 yaitu 0,77 maka proses tersebut terdapat produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi dilihat dari proses yang lebih akurat.

Kata kunci: peta kendali \bar{X} -R, peta kendali CUSUM dan peta kendali EWMA, P-value.

PENDAHULUAN

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang fabrikasi, konstruksi, *electrical, mechanical*, sipil dan *erection*. Salah satu yang sedang dikerjakan adalah pembuatan *Belt Conveyor* dimana banyak terdapat masalah terutama ukuran yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan perusahaan dan konsumen, terdapat 15 karakteristik kualitas dalam pembuatan *Belt Conveyor*. Produk *Belt Conveyor* tersebut masih maksimum variasi prosesnya, sedangkan variasi proses adalah ketidakseragaman dalam proses operasional yang menimbulkan perbedaan dalam kualitas produk yang dihasilkan. (Gaspersz, 1998). Salah satu karakteristik yang akan diteliti yaitu karakteristik kualitas pada panjang pintu *Belt Cover* kanan. Pada perhitungan karakteristik panjang pintu *Belt Cover* kanan diusulkan peta kendali \bar{X} -R dan

menghasilkan proses tersebut hanya sedikit yang diluar batas kendali UCL (*Upper Control Limit*) dan LCL (*Lower Control Limit*) namun pada kenyataannya data proses pengamatan tersebut banyak proses pengukuran yang tidak sesuai spesifikasi dan jauh dari target. Dalam hal tersebut diduga bahwa peta kendali \bar{X} -R tidak mampu mendeteksi adanya pergeseran proses yang kecil, maka diusulkanlah peta kendali *Cumulative Sum* (CUSUM) dan *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) yang mampu mendeteksi pergeseran proses yang kecil.

Berdasarkan uraian diatas maka penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi adanya pergeseran rata-rata proses yang kecil, mengetahui peta kendali \bar{X} -R dan EWMA dalam mendeteksi proses yang tidak terkendali dan dengan pendekatan p-value, mengetahui penyebab proses tersebut tidak terkendali dan mengetahui indeks

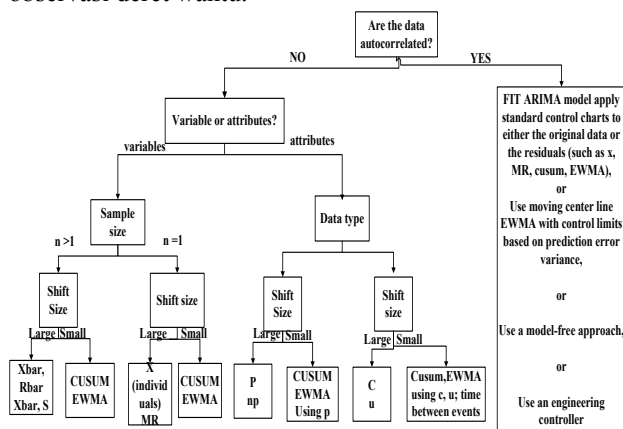
kemampuan proses produksi pada karakteristik pintu *Belt Cover* kanan.

TINJAUAN PUSTAKA

Statistical Proses Control (SPC) adalah salah satu *tools* yang digunakan untuk menyelesaikan masalah. *Tools* ini digunakan untuk mencapai kestabilan dan untuk meningkatkan kemampuan dengan memperkecil variabilitas. Tujuan dari *Statistical Process Control* (SPC) adalah untuk mencapai mutu produk yang lebih tinggi dan meminimalkan biaya produksi dengan cara mengurangi produk cacat yang dihasilkan.

Pergeseran Kecil (*Small Sift*)

Dalam hal ini dapat dikatakan peta kendali Shewhart tidak sensitif terhadap terjadinya pergeseran yang sangat kecil dalam prosesnya. Biasanya pergeseran yang kecil adalah sekitar kurang dari $1,5 \sigma$. Hal ini menyebabkan peta kendali Shewhart tidak sensitif terhadap pergeseran proses yang kecil. (Ferdinant, 2013). Dua alternatif yang sangat efektif untuk peta kendali Shewhart dapat digunakan untuk mendeteksi proses pergeseran kecil yaitu peta kendali *Cummulative Sum* (CUSUM) dan peta kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA). Peta Kendali CUSUM dan EWMA alternatif yang sangat baik untuk peta kendali Shewhart dalam proses pemantauan. Kelebihan dari pergeseran proses yang kecil (*small shift*) yaitu dapat digunakan dalam tipe data variabel dan atribut, kemudian dapat juga dipakai untuk data yang berautokorelasi atau adanya hubungan antar observasi deret waktu.



Gambar 1 Hirarki Control Chart (Montgomery, 2001)

Pada Gambar 1 menjelaskan bahwa apabila data berautokorelasi atau adanya hubungan antar pengamatan baik itu dalam deret waktu (*time series*), maka dapat dilakukan beberapa metode seperti FIT ARIMA, EWMA dan apabila data tersebut tidak berkorelasi maka dapat melakukan beberapa model yang pertama apakah data tersebut variabel atau atribut, jika data tersebut subgrup yang $n > 1$ maka dapat menggunakan \bar{X} -R, \bar{X} -S dan jika individual maka menggunakan peta I-MR yang $n=1$ namun itu termasuk *large shift* (perubahan yang besar) yang berarti

memiliki pergeseran 3σ dan untuk pergeseran rata-rata proses yang kecil (*small sift*) menggunakan CUSUM dan EWMA yang pergeserannya berkisar kurang dari $1,5\sigma$.

Peta Kendali CUSUM (*Cummulative Sum*)

Peta Kendali CUSUM digunakan sebagai alternative terhadap peta kendali Shewhart digunakan untuk memonitor rata-rata dari proses. (Hidayah, 2010). Misalkan sampel-sampel berukuran $n \geq 1$ dikumpulkan dan x_j adalah rata-rata sampel ke-j. Maka jika μ_0 adalah target dari mean proses itu. Rumusnya adalah sebagai berikut :

$$C_i = \sum_{j=1}^i (\bar{x}_j - \mu_0) \quad (1)$$

C_i adalah jumlah kumulatif sampel dengan sampel ke-i. Karena C_i menggabungkan informasi dari beberapa sampel, grafik jumlahan kuadrat lebih efektif daripada peta kendali Shewhart untuk meyelidiki proses pergeseran rata-rata proses kecil.

Peta Kendali *The Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA)

EWMA merupakan alternatif dari digram kontrol Shewhart jika terdapat perubahan kecil. Diagram kontrol EWMA dapat memperkirakan ekuivalen pada diagram kontrol CUSUM sehingga sangat mudah untuk dioperasikan. Sama dengan digram kontrol CUSUM, EWMA dapat digunakan untuk observasi individual dan rational subgroup dengan ukuran sampel $n > 1$.

$$Z_i = \lambda \times X_i + (1-\lambda) Z_{i-1} \quad (2)$$

untuk $i = 1, 2, \dots, n$ (1)

dimana

Z_i adalah rata-rata dari data historis

Z_{i-j} adalah target

X_i adalah sampel berukuran i

Batas kontrol dari diagram kontrol EWMA adalah :

$$UCL = \mu_0 + L \sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} (1 - (1-\lambda)^{2i}) \quad (3)$$

Garis tengah = μ_0

$$LCL = \mu_0 - L \sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} (1 - (1-\lambda)^{2i}) \quad (4)$$

di mana :

L adalah lebar dari batas kontrolnya.

μ_0 adalah target awal.

σ adalah standar deviasi.

λ adalah parameter yang memenuhi.

Penggunaan P-value untuk Pengujian Hipotesis

P-value adalah tingkat signifikan terkecil yang akan mengakibatkan penolakan hipotesis H_0 . (Montgomery, 2001). Ini adalah uji statistik signifikan ketika hipotesis nol ditolak, karena itu, tentang P-value sebagai tingkat terkecil di mana data tersebut signifikan.

a. Menguji hipotesis nol $H_0: \mu = \mu_0$ (adalah rata-rata populasi) berdasarkan pada distribusi normal standar, menghitung uji statistik:

$$Z_0 = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma/\sqrt{n}} \quad (5)$$

Dan H_0 menolak jika Z_0 di mana $Z \sigma/2$ atas $\sigma/2$ titik persentase normal standar distribusi. Prosedur ini kadang-kadang disebut satu-sampel Z -test. (Montgomery, 1990).

$$P = \begin{cases} 2[1 - \Phi(|Z_i|)] & \text{untuk uji dua sisi } H_0: \mu = \mu_0 \quad H_1: \mu \neq \mu_0 \\ 1 - \Phi(|Z_i|) & \text{untuk tes yang lebih tinggi } H_0: \mu = \mu_0 \\ & H_1: \mu > \mu_0 \\ \Phi(|Z_i|) & \text{untuk tes yang lebih rendah } H_0: \mu = \mu_0 \\ & H_1: \mu < \mu_0 \end{cases}$$

P-value telah menjadi metode yang paling umum menggunakan dan menghasilkan uji statistik. Untuk menggunakan P-value dalam pengambilan keputusan di SPC, dapat dilakukan pengamatan yang memiliki P-value kurang dari tingkat signifikan sehingga terdeteksi tidak dalam batas kontrol. Jelas diagram kontrol P-value memiliki beberapa keunggulan yang membantu untuk menentukan apakah titik dalam suatu SPC berada di luar kendali atau tidak. (Fayazbakhsh, 2012).

Process Capability Analysis (PCA)

Process Capability Analysis (PCA) adalah kemampuan suatu proses untuk menghasilkan suatu produk atau jasa yang sesuai dengan kebutuhan atau syarat dari konsumen atau spesifikasi yang diharapkan.

Rumus:
$$C_p = \frac{\text{Batas spesifikasi}}{\text{Kemampuan proses}} \quad (6)$$

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (7)$$

C_p = Indeks kemampuan proses

USL = Batas spesifikasi atas

LSL = Batas spesifikasi bawah

σ = Standard deviasi populasi

$$\sigma = \frac{R}{d_2} \quad (8)$$

Parameter nilai C_p secara umum sebagai berikut :

$C_p > 1.33$ Maka kapabilitas proses sangat baik (memenuhi spesifikasi)

$1 \leq C_p \leq 1.33$ Kapabilitas proses baik.

$C_p < 1.33$ Kapabilitas proses rendah.

a. C_{pk} merupakan Index yang menunjukkan seberapa baik suatu sistem dapat memenuhi spesifikasi limit. (Rasyidin, 2012)

$$C_{pk} = \text{Minimum} = \left[\frac{(USL - X)}{3\sigma}, \frac{(X - LSL)}{3\sigma} \right] \quad (9)$$

Parameter nilai C_{pk} secara umum sebagai berikut :

$C_{pk} > 1$ Proses mampu memenuhi spesifikasi

$C_{pk} < 1$ Proses tidak mampu memenuhi spesifikasi

$C_{pk} = 1$ Proses mampu memenuhi spesifikasi dengan batas kemampuan yang tipis (*marginally capable*)

$$\text{Batas bawah} : C_{pL} = \frac{(X - LSL)}{3\sigma} \quad (10)$$

$$\text{Batas atas} : C_{pU} = \frac{(USL - X)}{3\sigma} \quad (11)$$

Kondisi ideal : $C_{pk} > 1.33$ dan $C_p = C_{pk}$

METODE PENELITIAN

Pengolahan data dilakukan mendeteksi adanya pergeseran rata-rata proses yang kecil menggunakan

perhitungan dasar CUSUM, melakukan perhitungan peta kendali \bar{X} -R dengan pendekatan P-value dan peta kendali EWMA dengan pendekatan P-value dalam mendeteksi proses yang *out of control*, mencari penyebab khusus proses tersebut yang tidak terkendali dengan menggunakan *cheksheet*, pareto dan diagram sebab akibat. Menghitung indeks kemampuan proses C_p dan C_{pk}

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pergeseran proses rata-rata yang kecil (*small shift*)

Untuk melihat proses pergeseran rata-rata yang kecil maka dilakukan peta kendali CUSUM (*Cummulative Sum*) yang berkisar pergeserannya sebesar $1,5 \sigma$ atau kurang. Untuk melihat pergeseran yang kecil dapat dilakukan tahap seperti dibawah ini :

Tabel 1 Peta Kendali CUSUM (*Cummulative Sum*) Standard (satuan cm)

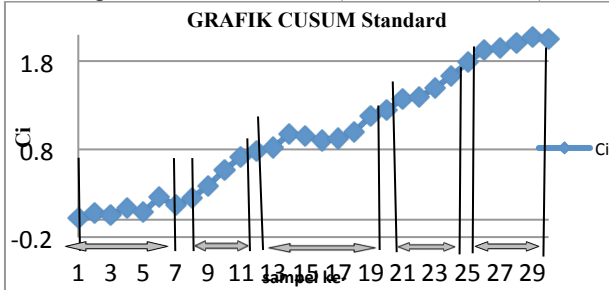
Sample i	xi	xi-45,8	Ci	Rata-rata
1	45,82	0,02	0,02	
2	45,86	0,06	0,08	
3	45,78	-0,02	0,06	
4	45,878	0,078	0,138	45,83
5	45,748	-0,052	0,086	
6	45,964	0,164	0,25	
7	45,716	-0,084	0,166	
8	45,878	0,078	0,244	
9	45,942	0,142	0,386	
10	45,982	0,182	0,568	45,93
11	45,942	0,142	0,71	
12	45,872	0,072	0,782	
13	45,84	0,04	0,822	
14	45,95	0,15	0,972	
15	45,776	-0,024	0,948	
16	45,752	-0,048	0,9	45,86
17	45,82	0,02	0,92	
18	45,872	0,072	0,992	
19	45,988	0,188	1,18	
20	45,86	0,06	1,24	
21	45,936	0,136	1,376	
22	45,82	0,02	1,396	
23	45,9	0,1	1,496	45,91
24	45,942	0,142	1,638	
25	45,946	0,146	1,784	
26	45,94	0,14	1,924	
27	45,82	0,02	1,944	
28	45,858	0,058	2,002	45,85
29	45,878	0,078	2,08	
30	45,766	-0,034	2,046	

Jika pergeserannya $1,5 \sigma$ maka,
 $1,5 \sigma = 1,5 \times 0,2 = 0,3$

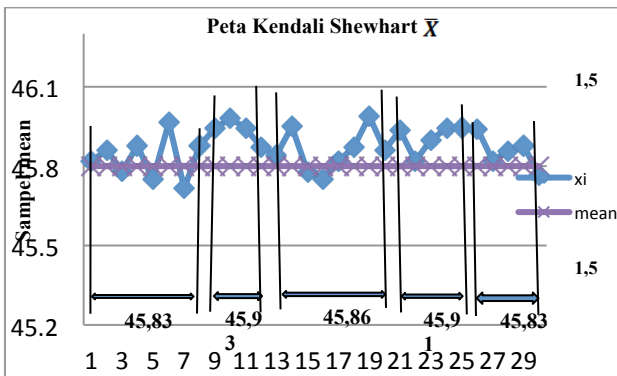
Sampel ke 2

- (a) $\Rightarrow x_i = 45,86$
- (b) $\Rightarrow x_i - \mu_0 = 45,86 - 45,8 = 0,06$
- (c) $\Rightarrow C_i = (x_i - \mu_0) + C_{i-1} = (45,86 - 45,8) + 0,06 = 0,08$

Dapat dilihat hasil grafik dari hasil perhitungan peta kendali CUSUM (Cumulative Sum)



Gambar 2 Pergeseran kecil pada grafik CUSUM Standard Karakteristik Pintu Belt Cover Kanan Panjang



Gambar 3 Peta kendali Shewhart

Dilihat dari Gambar 3 tersebut adanya pergeseran yang kecil (*small shift*), yaitu pergeseran proses yang bergerak sangat kecil. Pada grafik diatas menggunakan pergeseran $1,5 \sigma$ dari $0,2 \sigma$ menjadi $0,3 \sigma$ terlihat perbedaan pada rata-ratanya seperti pada data sampel ke 1 sampai 8 memiliki rata-rata 45,83 dan pada data 9 sampai 12 terjadi kenaikan rata-rata menjadi 45,93 yang berarti mengalami pergeseran rata-rata yang kecil sebesar 0,10.

Perhitungan \bar{X} -R dan Pendekatan P-value Karakteristik Pintu Belt Cover Kanan Karakteristik Panjang

$$Z_t = \frac{\bar{x}_t - \bar{x}}{\frac{s}{\sqrt{m_t}}} = \frac{45,82 - 45,868}{\frac{0,056}{\sqrt{5}}} = -1,92$$

$$|Z_t| = |-1,92| = 1,92$$

$$\phi(|Z_t|) = 0,97257$$

Berikut rumus untuk P-value yang diestimasi nilai \bar{X} :
 $P\text{-value}_t = 1 - \phi(|Z_t|)$

$$= 1 - 0,97257 = 0,02743$$

Tingkat signifikan P-value = $2 (1 - \phi(|Z_t|))$

$$\text{Shewhar } 3 \sigma = 2 (1 - 0,99865) = 2 (0,00135) = 0,0027$$

Untuk menentukan pada \bar{X} yang tidak terkontrol yaitu dilihat pada \bar{X} dengan *control limit* (*upper dan lower*). Namun untuk menentukan P-value yang terkontrol atau tidak yaitu dengan membandingkan perhitungan P-value dengan tingkat signifikan yang telah ditetapkan yaitu σ yaitu 0,0027. Maka dapat dilihat perbandingan antara peta kendali \bar{X} dan P-value pada Tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2 Perbandingan antara peta kendali \bar{X} dan P-value (cm)

Run no	\bar{X}	Sample Size	Limit		Out Of Control Detection	
			Lower	Upper	P-value	\bar{X} P-value
1	45,82	5	45,793	45,944	0,02743	
2	45,86	5	45,793	45,944	0,3707	
3	45,78	5	45,793	45,944	0,00022	* *
4	45,878	5	45,793	45,944	0,34827	
5	45,748	5	45,793	45,944	0	* *
6	45,964	5	45,793	45,944	7E-05	* *
7	45,716	5	45,793	45,944	0	* *
8	45,878	5	45,793	45,944	0,34827	
9	45,942	5	45,793	45,944	0,00164	*
10	45,982	5	45,793	45,944	0	* *
11	45,942	5	45,793	45,944	0,00164	*
12	45,872	5	45,793	45,944	0,44038	
13	45,84	5	45,793	45,944	0,13136	
14	45,95	5	45,793	45,944	0,00056	* *
15	45,776	5	45,793	45,944	0,00012	* *
16	45,752	5	45,793	45,944	0	* *
17	45,82	5	45,793	45,944	0,02743	
18	45,872	5	45,793	45,944	0,44038	
19	45,988	5	45,793	45,944	0	* *
20	45,86	5	45,793	45,944	0,3707	
21	45,936	5	45,793	45,944	0,00347	
22	45,82	5	45,793	45,944	0,02743	
23	45,9	5	45,793	45,944	0,10204	
24	45,942	5	45,793	45,944	0,00164	*
25	45,946	5	45,793	45,944	0,00097	* *
26	45,94	5	45,793	45,944	0,00212	*
27	45,82	5	45,793	45,944	0,02743	
28	45,858	5	45,793	45,944	0,3409	
29	45,878	5	45,793	45,944	0,34827	
30	45,766	5	45,793	45,944	0	* *

Peta kendali \bar{X} dan P-value memperlihatkan perubahan yang besar (*large shift*). Dapat disimpulkan dari Tabel 4.10 yaitu hanya terdapat 11 yang terdeteksi oleh peta kendali \bar{X} yaitu sampel ke 3, 5, 6, 7, 10, 14, 15, 16, 19, 25 dan 30. Pada sampel ke 3 *out of control* karena di bawah batas kontrol (LCL) yaitu 45,793 yang melebihi batas bawah sebesar 45,78. Sedangkan dengan menggunakan pendekatan terhadap P-value terdapat 4 sampel yang terdeteksi *out of control* yaitu sampel ke 9, 11, 24 dan 26. Pada pendekatan P-value misal sampel ke 9 dengan P-value sebesar 0,00164 yaitu lebih kecil dari tingkat signifikan yaitu 0,0027, maka pada sampel 9 terdeteksi *out of control* dengan menggunakan pendekatan P-Value. Pada sampel yang sama-sama terdeteksi oleh peta kendali \bar{X} dan P-Value adalah 3, 5, 6, 7, 10, 14, 15, 16, 19, 25 dan 30. P-value adalah kriteria yang sangat baik dan tepat untuk pengambilan keputusan dan peta kendali P-value merupakan alternatif yang baik dalam mendeteksi data yang berada di luar kontrol atau tidak.

Small Sift (Pergeseran Kecil)

Perhitungan EWMA dengan P-value Karakteristik Pintu *Belt Cover* Kanan Panjang

Untuk sampel 1 :

$$Z_i = \lambda \times X_i + (1-\lambda) Z_{i-1}$$

$$= 0,1 \times 45,82 + (1-0,1) 45,8$$

$$= 45,802$$

$$UCL = \mu_0 + L \sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}} (1 - (1-\lambda)^{2i})$$

$$= 45,8 + 2,7 \times 0,056 \sqrt{\frac{0,1}{2-0,1}} (1 - (1-0,1)^{2i})$$

$$= 45,815$$

$$LCL = \mu_0 - L \sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}} (1 - (1-\lambda)^{2i})$$

$$= 45,8 - 2,7 \times 0,056 \sqrt{\frac{0,1}{2-0,1}} (1 - (1-0,1)^{2i})$$

$$= 45,785$$

$$CL = \mu_0 = 45,8$$

$$Z_i = \lambda \times X_i + (1-\lambda) Z_{i-1}$$

$$= 0,1 \times 45,82 + (1-0,1) 45,8$$

$$= 45,802$$

$$\bar{Z}_i = \frac{45,802 + 45,808 + 45,805 + 45,812 + \dots + 45,867}{30} = 45,8481$$

$$Z_t = \frac{\bar{X}_t - \bar{X}}{S} = \frac{45,802 - 45,8682}{\frac{0,056}{\sqrt{5}}} = -1,835$$

$$|Z_t| = |-1,83|$$

$$= 1,83$$

$$\Phi(|Z_t|) = 0,96711$$

Berikut rumus P-value yang di estimasi nilai \bar{X} :

$$P\text{-value}_t = 1 - \Phi(|Z_t|)$$

$$= 1 - 0,96711$$

$$= 0,03289$$

Berikut rumus P-value yang sudah tidak di estimasi nilai \bar{X} :

$$\text{Tingkat signifikan P-value} = 2 (1 - \Phi(|Z_t|))$$

$$\text{Shewhar } 1,5 \sigma = 2 (1 - 0,93319)$$

$$= 2 (0,06681)$$

$$= 0,13362$$

Tabel 3 Perbandingan antara peta EWMA dengan perhitungan P-Value (satuan cm)

Run no	Xi	Sample Size	Limit		P-value	Out Of Cotrol Detection	
			LCL	UCL		EWMA	P-value
1	45,82	5	45,785	45,815	0,03289		*
2	45,86	5	45,780	45,820	0,0548		*
3	45,78	5	45,776	45,824	0,04272		*
4	45,878	5	45,774	45,826	0,07781		*
5	45,748	5	45,772	45,828	0,04648		*
6	45,964	5	45,771	45,829	0,14686		*
7	45,716	5	45,769	45,831	0,07078		*
8	45,878	5	45,769	45,831	0,11314		*
9	45,942	5	45,768	45,832	0,04363		*
10	45,982	5	45,767	45,833	0,45621	*	
11	45,942	5	45,767	45,833	0,38974	*	
12	45,872	5	45,767	45,83338	0,36693	*	
13	45,84	5	45,766	45,83365	0,38974	*	
14	45,95	5	45,766	45,83387	0,25463	*	
15	45,776	5	45,766	45,83405	0,38209	*	
16	45,752	5	45,766	45,83419	0,45621		
17	45,82	5	45,766	45,83431	0,41683		
18	45,872	5	45,766	45,83440	0,46414		
19	45,988	5	45,766	45,83448	0,31918	*	
20	45,86	5	45,765	45,83454	0,31918	*	
21	45,936	5	45,765	45,83459	0,22065	*	
22	45,82	5	45,765	45,83463	0,28096	*	
23	45,9	5	45,765	45,83466	0,2327	*	
24	45,942	5	45,765	45,83469	0,15151	*	
25	45,946	5	45,765	45,83471	0,09342	*	*
26	45,94	5	45,765	45,83472	0,06057	*	*
27	45,82	5	45,765	45,83474	0,38591	*	
28	45,858	5	45,765	45,83475	0,11507	*	*
29	45,878	5	45,765	45,83476	0,11507	*	*
30	45,766	5	45,765	45,83477	0,22663	*	

Dapat dilihat dari peta kendali EWMA dan P-value untuk memperlihatkan pergeseran rata-rata yang kecil (*small sift*). Dan dapat disimpulkan dari Tabel 3 yaitu terdapat 21 yang terdeteksi oleh peta kendali EWMA yaitu sampel pengamatan ke 10, 11, 12, 13, 14,

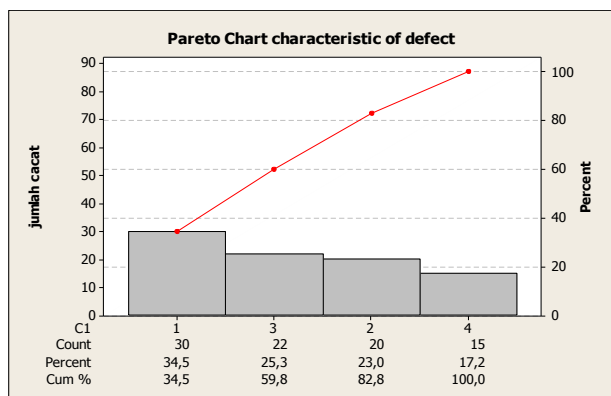
15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 dan 30. Pada sampel ke 10 *out of control* karena di atas batas kontrol (UCL) yaitu 45,833 yang melebihi batas atas sebesar 45,982 dan terdapat 12 sampel yang tereteksi menggunakan perhitungan P-value yaitu sampel ke 1, 2, 3, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 25, 26, 28 dan 29. Dan terdapat 8 sampel yang terdeteksi *out of control* tanpa terdeteksi dengan peta kendali EWMA yaitu sampel ke 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8 dan 9. Pada sampel 1 terdeteksi *out of control* dengan menggunakan peta kendali P-value yaitu lebih kecil dari tingkat signifikan yang merupakan sigmanya sebesar $1,5\sigma$ yaitu 0,13362 dan dari data sampel 1 didapat 0,03289 yang berarti lebih kecil dari tingkat signifikan $1,5\sigma$ maka dianggap terdeteksi *out of control* oleh perhitungan P-value.

Analisis penyebab terjadinya Cacat

Tabel 4 Jumlah Frekuensi Cacat pada Karakteristik panjang pintu *Belt Cover* kanan (Berdasarkan Urutan Jumlahnya)

No	Jenis Cacat	Jumlah cacat	Persentase	Persentase Kumulatif
Karakteristik pintu dengan <i>Belt</i>				
1	Cover kanan yang tidak sesuai dengan spesifikasi	30	34,5%	34,5%
2	Bagian permukaan sisi Karakteristik pintu dengan <i>Belt Cover</i> kanan yang tidak rata	22	25,3%	59,8%
3	Penyambungan pada Karakteristik pintu dengan <i>Belt Cover</i> kanan tidak rapih	20	23%	82,8%
4	Permukaan Karakteristik pintu dengan <i>Belt Cover</i> kanan tidak halus	15	17,2%	100,00%
Total		87	100,00%	

Berikut adalah diagram Pareto karakteristik cacat pada komponen panjang pintu *Belt Cover* kanan.



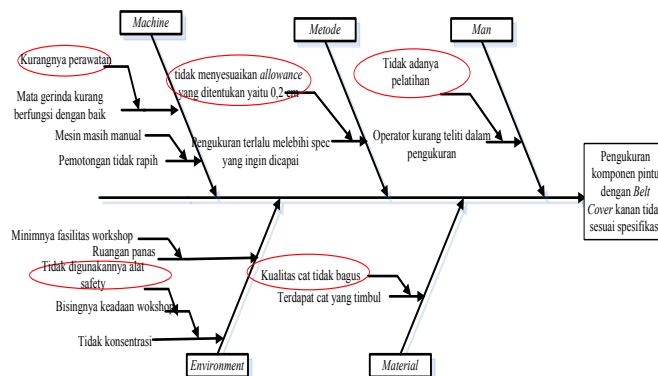
Gambar 4 Diagram Pareto Karakteristik Cacat pada komponen panjang pintu *Belt Cover* kanan

Dapat dilihat pada Gambar 4.28 perbaikan dapat dilakukan dengan memfokuskan pada 3 jenis cacat terbesar yaitu komponen pintu dengan *Belt Cover* kanan yang tidak sesuai dengan spesifikasi, bagian permukaan sisi komponen pintu dengan *Belt Cover* kanan yang

tidak rata dan penyambungan pada komponen pintu dengan *Belt Cover* kanan tidak rapih. Hal ini dikarenakan kedua jenis cacat tersebut mendominasi hampir 82,5% dari total kerusakan yang terjadi pada komponen panjang pintu *Belt Cover* kanan.

1. Cause and Effect Diagram Pengukuran Karakteristik pintu dengan *Belt Cover* kanan yang tidak sesuai dengan spesifikasi

Berikut adalah *Cause and Effect Diagram* untuk karakteristik cacat karena pengukuran komponen yang tidak sesuai dengan spesifikasi pada komponen panjang pintu *Belt Cover* kanan:

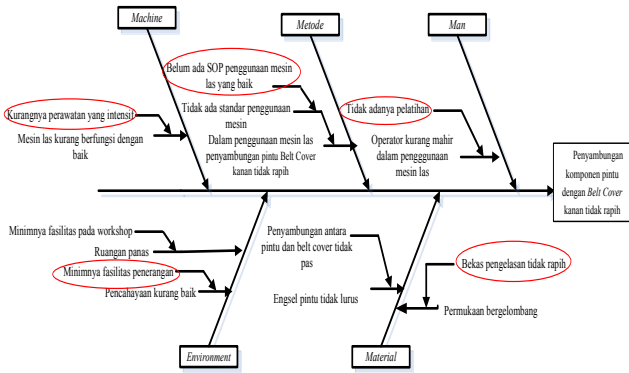


Gambar 5 Cause and Effect Diagram pengukuran Karakteristik pintu dengan *Belt Cover* kanan yang tidak sesuai dengan spesifikasi

Pada gambar 5 diatas merupakan diagram untuk mengetahui sebab dari karakteristik cacat karena pengukuran komponen pintu dengan *Belt Cover* kanan yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang merupakan penyebab karakteristik tertinggi. Dalam *Cause and Effect Diagram* ini ada beberapa faktor yang diteliti yaitu faktor manusia, metode, mesin, material dan lingkungan. Dari faktor manusia yang mempengaruhi adalah operator kurang teliti dalam pengukuran dikarenakan tidak adanya pelatihan. Dari faktor metode yang mempengaruhi adalah pengukuran terlalu melebihi spesifikasi yang ditentukan, hal ini dikarenakan tidak menyesuaikan *allowance* yang ditentukan yaitu 0,2 cm.. Dari faktor mesin yang mempengaruhi adalah pemotongan tidak rapih. Hal ini dikarenakan kurangnya perawatan. Dari faktor material yang mempengaruhi adalah terdapat cat yang timbul, hal ini dipengaruhi oleh kualitas cat yang kurang bagus. Dari faktor lingkungan yang mempengaruhi adalah tidak konsentrasi yang disebabkan oleh bisingnya keadaan *workshop* dan tidak digunakannya alat *safety*. Faktor yang menyebabkan adalah ruangan panas dan minimnya fasilitas *workshop*.

2. Cause and Effect Diagram Penyambungan pada Karakteristik pintu dengan *Belt Cover* kanan tidak rapih

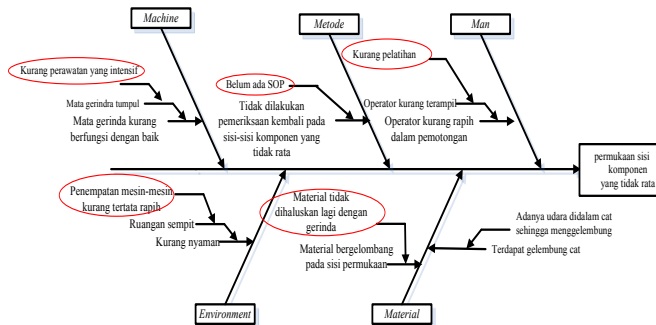
Berikut adalah *Cause and Effect Diagram* untuk karakteristik cacat penyambungan komponen pintu dengan *Belt Cover* kanan tidak rapih



Gambar 6 Cause and Effect Diagram penyambungan komponen pintu dengan Belt Cover kanan tidak rapih

Pada Gambar 6 Cause and Effect Diagram diatas merupakan diagram untuk mengetahui sebab dari komponen pintu dengan Belt Cover kanan tidak rapih yang merupakan penyebab karakteristik kedua. Dalam Cause and Effect Diagram ini ada beberapa faktor yang diteliti yaitu faktor manusia, metode, mesin, material dan lingkungan. Dari faktor manusia yang mempengaruhi adalah operator kurang mahir dalam penggunaan mesin las. Hal ini dikarenakan operator tidak ada pelatihan. Dari faktor metode yang mempengaruhi adalah dalam penggunaan mesin las penyambungan pintu Belt Cover kanan tidak rapih, hal ini dikarenakan tidak ada standar penggunaan mesin las, yang mempengaruhinya adalah belum ada SOP penggunaan mesin las yang baik. Dari faktor mesin yang mempengaruhi adalah mesin kurang berfungsi dengan baik. Hal ini dikarenakan kurangnya perawatan yang intensif. Dari faktor material yang mempengaruhi adalah pada engsel posisinya tidak lurus, hal ini dipengaruhi oleh pemasangan antara pintu dan Belt Cover kanan kurang pas, kemudian faktor yang mempengaruhi permukaan bergelombang hal ini dikarenakan bekas pengelasan tidak rapih. Dari faktor lingkungan yang mempengaruhi adalah pencahayaan kurang baik yang disebabkan oleh ruangannya yang sempit, dipengaruhi oleh penataan ruangan yang kurang rapih.

3. Cause and Effect Diagram pada bagian permukaan sisi Karakteristik pintu dengan Belt Cover kanan yang tidak rata

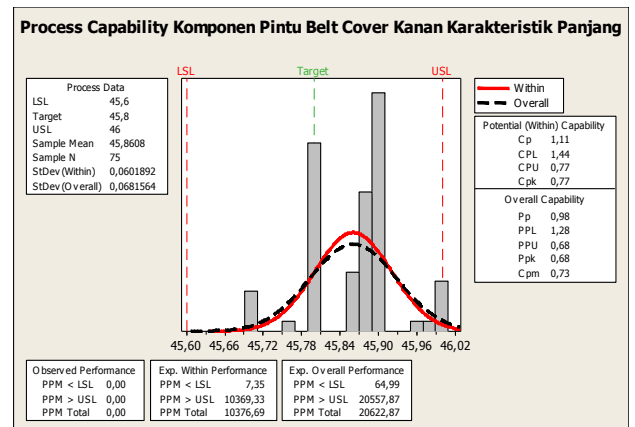


Gambar 7 Cause and Effect Diagram permukaan sisi Karakteristik pintu dengan Belt Cover kanan yang tidak rata

Dapat dilihat dari Gambar 7 diatas merupakan diagram untuk mengetahui sebab dari karakteristik permukaan sisi komponen yang tidak rata pada pintu Belt Cover kanan yang merupakan penyebab karakteristik ketiga. Dalam Cause and Effect Diagram ini ada beberapa faktor yang diteliti yaitu faktor manusia, metode, mesin, material dan lingkungan. Dari faktor manusia yang mempengaruhi adalah operator kurang rapih dalam pemotongan. Hal ini dikarenakan ooperator kurang terampil yang disebabkan kurangnya pelatihan. Dari faktor metode yang mempengaruhi adalah tidak dilakukan pemeriksaan kembali pada sisi-sisi komponen yang tidak rata, yang mempengaruhinya adalah belum adanya SOP. Dari faktor mesin yang mempengaruhi adalah mesin kurang berfungsi dengan baik. Hal ini dikarenakan kurangnya perawatan yang intensif. Dari faktor material yang mempengaruhi adalah material bergelombang pada sisi permukaan, hal ini material tidak dihaluskan lagi dengan gerinda, kemudian terdapat gelombang cat yang dikarenakan kualitas cat yang tidak sesuai dengan standar. Dari faktor lingkungan yang mempengaruhi adalah lingkungan kurang nyaman yang disebabkan oleh ruangannya yang sempit, dipengaruhi oleh penataan ruangan yang kurang rapih.

Capability Process Analysis (PCA)

Berikut adalah hasil indek kemampuan proses karakteristik pintu dengan Belt Cover kanan:



Gambar 8 Process Capability Karakteristik Pintu Belt Cover Kanan Panjang

$$USL = Target + Toleransi = 45,8 + 0,2 = 46$$

$$LSL = Target - Toleransi = 45,8 - 0,2 = 45,6$$

$$\sigma = \frac{0,140}{2.326} = 0,060$$

$$CPU = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}$$

$$CPU = \frac{46 - 45,861}{3 \times 0,060} = 0,77$$

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad CPL = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}$$

$$Cp = \frac{46 - 45,6}{6 \times 0,060} = 1,11 \quad CPL = \frac{45,861 - 45,6}{3 \times 0,060} = 1,44$$

$$Cpk = \text{minimum} \{CPU, CPL\}$$

$$= \min \{0,77 ; 1,44\}$$

$$= 0,77$$

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa proses tidak terjadi ditengah karena Cpk lebih kecil dari pada Cp. Cpk dan Ppk ≥ 1 maka proses dikatakan baik namun pada hasil diatas menunjukkan Cpk dan Ppk ≤ 1 maka proses tersebut tidak baik. Kemampuan proses pada komponen Pintu *Belt Cover* Kanan Karakteristik Panjang termasuk tidak ideal karena Cpk kurang dari 1 yaitu 0,77 maka proses tersebut menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi dan nilai Cp yaitu 1,11 yang artinya kapabilitas proses tersebut baik karena $1 \leq Cp \leq 1.33$.

KESIMPULAN dan SARAN

Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan pada karakteristik panjang pintu *Belt Cover* kanan di PT. XYZ adalah pengamatan karakteristik panjang pintu *Belt Cover* mengalami adanya pergeseran rata-rata yang kecil sebesar kurang dari $1,5\sigma$ menggunakan peta kendali *Cumulative Sum* (CUSUM) Standar. Karakteristik panjang pintu *Belt Cover* kanan lebih sensitif dengan peta kendali EWMA karena terdapat 18 yang terdeteksi *out of control* dibanding peta kendali \bar{X} -R dan pendekatan P-value yaitu hanya 11 dan 16 yang terdeteksi *out of control*. Terdapat 3 jenis penyebab proses tersebut tidak terkendali pada karakteristik panjang pintu *Belt Cover* kanan yaitu ukuran yang tidak sesuai dengan spesifikasi, permukaan sisi tidak rata dan penyambungan pada komponen pintu dengan *Belt Cover* kanan yang tidak rapih. Indeks kemampuan proses pada karakteristik panjang pintu *Belt Cover* yaitu nilai Cp yaitu 1,11 yang artinya kapabilitas proses tersebut baik karena $1 \leq Cp \leq 1.33$ namun Cpk kurang dari 1 yaitu 0,77 maka proses tersebut terdapat produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi dilihat dari proses yang lebih akurat.

Saran

Saran untuk penelitian berikutnya yaitu untuk perusahaan sebaiknya menyamakan persepsi tentang *allowance* yang diberikan perusahaan dengan operator yang melakukan pemolaan dan pengukuran untuk penelitian selanjutnya kombinasi antara peta kendali CUSUM dengan pendekatan P-value dalam mendeteksi proses yang tidak terkendali.

DAFTAR PUSTAKA

- Dorothea, A. 2003. *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kualitatif dalam Manajemen Kualitas)*. Penerbit Andi, Yogyakarta,
- Fayazbakhsh, 2012. Integration of Shewhart and EWMA Control Charts through P-value Approach for Better Detection. *East Journal of Scientific Research 11 (9): 1303-1308*.
- Ferdinant, P. F. 2013. Pengendalian Kualitas Proses dengan Peta Kendali CUSUM dan EWMA. *Prosiding Seminar Nasional Industrial Services (SNIS) III:147-152*.
- Gaspersz, V. 1998. *Statistical Process Control*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hidayah, N. 2010. Kajian Perbandingan Kinerja Grafik Pengendali Cumulative Sum (CUSUM) Dan Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) Dalam Mendeteksi Pergeseran Rata-Rata Proses. *Tugas Akhir*, ITS Surabaya, Jurusan Statistika, Surabaya. (tidak publikasi)
- Montgomery, D.C. 2001. *Introduction to Statistical Quality Control* 4th Edition. Arizona State University.
- Rasyidin, M.T. 2012. Statistical Process Control With Cummulative Sum Method (CUSUM) (Case Study Average Quality Control Content of Milk Products Cooperative Ranch in South Bandung (KPBS). *Jurnal Eksponensial 3(2):81-84*, Bandung: Statistika FMIPA Universitas Mulawarman.
- Ryan, TP. 2000. *Statistical methods for quality improvement*, 2nd edn. New York: John Wiley & Sons.
- Wheeler, D. 1995. *Advanced Topics In Statistical Process Control : The Power of Shewhart Charts*, SPC Press, Inc.
- Widiawati, A. 2013. Analisis Pengendalian Kualitas Belt Conveyor Dengan Menggunakan Statistical Process Control Dan Process Capability Analysis (SPC&PCS) Pada PT. Purba Karya Baja. *Kerja Praktek*, Cilegon: Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.