

PENERAPAN DIAGRAM KONTROL T^2 HOTELLING PADA PROSES PRODUKSI KACA

Muhammad Hilman Rizki Abdullah¹, Rita Rahmawati², Hasbi Yasin³

¹Mahasiswa Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

^{2,3}Staf Pengajar Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

ABSTRACT

SPC (Statistical Process Control) is a method used to monitoring the process of identifying the causes of variance and improve processes. In term of its variable characteristic, quality control in SPC can be divided into two kinds of univariate control charts and multivariate control charts. T^2 Hotelling control chart is a multivariate control charts used in quality control process mean. In the process of glass production, This research was conducted in two stages by making use three major characteristics of quality, those are thickness, length and width. Application of T^2 Hotelling control chart on the first phase of the signal are out of control, so it is necessary to identify the variable signal causes the uncontrolled use Decomposition MYT (Mason, Young and Tracy). Based on the identification of variables obtained that the variable width is the cause of the signal out of control. In the second phase is stable glass production process it shows the company has made improvements to the production process of phase II.

Keywords: Statistical Process Control, Quality Control, Hotelling T^2 control chart, signal out of control

1. PENDAHULUAN

Dalam era globalisasi sekarang ini, pasar mengalami persaingan yang bebas dan terbuka. Hal ini membuat setiap perusahaan berlomba-lomba untuk menjadi pemenang di dalam persaingan, dengan memberikan produk dan pelayanan terbaik kepada konsumen. Perusahaan juga memberikan jaminan kualitas produknya sehingga menjadi kunci dalam menguasai pangsa pasar. Kualitas produk merupakan suatu faktor utama yang tidak bisa ditawar lagi oleh perusahaan, sehingga menjadi tolak ukur suatu barang atau jasa dengan standar tertentu yang menjadikan suatu barang atau jasa tersebut dapat diakui yang memiliki ciri dan karakteristik tersendiri. Menurut Montgomery (1990), kualitas merupakan faktor utama sebagai dasar konsumen maupun kelompok industri dalam memutuskan pemilihan produk yang sesuai keinginan, sehingga kualitas merupakan kunci bagi keberhasilan bisnis. Pemanfaatan desain eksperimen sangat penting guna pencapaian peningkatan kualitas dengan pengoptimalan faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses produksi. Salah satu desain eksperimen yang digunakan dalam memperbaiki kualitas adalah desain faktorial. Dalam desain faktorial memungkinkan lebih dari satu faktor untuk melihat efek terhadap respon yang sama karena masing-masing pengamatan menyuplai informasi tentang semua faktor. Jika faktor yang digunakan banyak, maka banyak juga kombinasi yang digunakan dalam penelitian.

Pengendalian kualitas adalah aktivitas keteknikan dan manajemen, yang dengan aktivitas itu diukur ciri-ciri kualitas produk, membandingkannya dengan spesifikasi atau persyaratan, dan mengambil tindakan penyehatan yang sesuai apabila ada perbedaaan antara penampilan yang sebenarnya dan yang standar (Montgomery, 1990). Tujuannya untuk mendeteksi penyimpangan yang terjadi agar dapat dilakukan suatu tindakan yang sesuai terhadap proses dan sistem yang digunakan dalam produksi. Perusahaan harus melakukan pengendalian kualitas agar produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan perusahaan maupun standar yang telah ditetapkan oleh badan lokal dan

internasional yang mengelola tentang standarisasi mutu dan sesuai dengan apa yang diharapkan konsumen.

Dalam pengendalian kualitas terdapat suatu metode statistika yang dapat membantu dalam melihat apakah suatu proses di bawah kendali atau sebaliknya, metode tersebut adalah *Statistical Process Control* (SPC). Montgomery (1990) menjelaskan bahwa salah satu metode untuk memonitor proses produksi dengan diagram kontrol adalah dengan *Statistical Process Control* (SPC). SPC dapat dibedakan menjadi dua yaitu diagram kontrol univariat dan diagram kontrol multivariat. Kedua diagram tersebut digunakan untuk memonitor dan mengontrol mean dan variabilitas proses produksi.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), kaca adalah benda yang keras, biasanya bening dan mudah pecah. Kaca banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, seperti di rumah, alat-alat rumah tangga dan berbagai kebutuhan lainnya. Seiring dengan perkembangan pembangunan yang semakin pesat di Indonesia kebutuhan kaca semakin lama semakin meningkat, sehingga banyak perusahaan yang bergerak di bidang pembuatan kaca untuk meningkatkan kualitas kacanya.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memonitor proses produksi sehingga tidak terdapat hasil produksi yang tidak terkontrol dengan menggunakan diagram kontrol T^2 Hotelling pada proses produksi kaca, sehingga pada proses produksi dapat menghasilkan produk yang berkualitas sesuai standar dan dapat memberikan kepuasan kepada konsumen.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Distribusi Normal Multivariat

Distribusi normal multivariat adalah perluasan dari distribusi normal univariat untuk dimensi $p \geq 2$ sebagai aplikasi pada variabel-variabel yang memiliki hubungan (Johnson & Wichern, 2007). Variabel X_1, X_2, \dots, X_p dikatakan berdistribusi normal multivariat dengan parameter μ dan Σ jika mempunyai fungsi densitas probabilitas sebagai berikut:

$$f(X_1, X_2, \dots, X_p) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{p/2}} e^{-1/2(x-\mu)' \Sigma^{-1}(x-\mu)}$$

Pemeriksaan distribusi normal multivariat untuk $p \geq 2$ dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu:

a. Membuat Q-Q plot

H_0 : Data pengamatan berdistribusi normal multivariat.

H_1 : Data pengamatan tidak berdistribusi normal multivariat.

Menurut Johnson & Wichern (2007) prosedur dalam pengujian distribusi normal multivariat, yaitu dengan membuat Q-Q plot sebagai berikut :

1. Menghitung jarak mahalanobis atau d_{ij}^2 setiap titik pengamatan dengan vektor rata-rata sesuai Persamaan (2).
2. Mengurutkan nilai d_{ij}^2 dari terkecil sampai terbesar ($d^2_{(1)} \leq d^2_{(2)} \leq \dots \leq d^2_{(n)}$)
3. Mencari nilai $\chi^2_{[p, (n-j+0,5)/n]} = q_j$ yang diperoleh dari tabel *chi-square*
4. Membuat *scatter plot* d_{ij}^2 dengan q_j dengan titik koordinat $(d_{ij}^2; \chi^2_{[p, (n-j+0,5)/n]})$.

Daerah kritis : H_0 ditolak jika pada Q-Q plot menunjukkan pola cenderung tidak mengikuti garis lurus.

b. Uji Kolmogorov Smirnov

Menurut Daniel (1989) uji normal multivariat secara formal dengan menggunakan Kolmogorov Smirnov dengan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : $F(d_{ij}^2) = F_0(d_{ij}^2)$ (Data pengamatan berdistribusi normal multivariat)

H_1 : $F(d_{ij}^2) \neq F_0(d_{ij}^2)$ (Data pengamatan tidak berdistribusi normal multivariat)

Statistik Uji : $D = \sup |S(d_{ij}^2) - F_0(d_{ij}^2)|$

Dengan:

$S(d_{ij}^2) =$ Proporsi jarak mahalanobis yang $\leq d_{ij}^2$

$F_0(d_{ij}^2) =$ Fungsi peluang kumulatif dari distribusi *chi-square*

Daerah kritis : H_0 ditolak jika $D > W_{(1-\alpha)}$ dengan uji 2 arah atau nilai sig $< \alpha$, dimana $W_{(1-\alpha)}$ merupakan kuantil $1 - \alpha$ pada tabel kolmogorov smirnov.

2.2. Uji Korelasi Antar Variabel

Menurut Morrison (1990), Uji *Bartlett* merupakan metode pengujian untuk mendeteksi ada atau tidaknya korelasi pada sekelompok data. Pada pengujian ini terdapat syarat yang harus dipenuhi yaitu data harus berdistribusi normal. Variabel X_1, X_2, \dots, X_p dikatakan saling bebas (*independent*) jika matriks korelasi antar variabel membentuk matriks identitas. Untuk menguji kebebasan antar variabel, maka dilakukan uji *Bartlett* dengan hipotesis sebagai berikut (Morrison, 1990).

$H_0 : \mathbf{R} = \mathbf{I}$ (antar variabel tidak berkorelasi)

$H_1 : \mathbf{R} \neq \mathbf{I}$ (antar variabel berkorelasi)

Statistik Uji : $\chi^2_{hitung} = - \left[n - 1 - \frac{2p+5}{6} \right] \ln |\mathbf{R}|$

Daerah kritis : H_0 ditolak jika $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{[\alpha, 1/2p(p-1)]}$

2.3. Diagram Kontrol Variabel

Diagram kontrol variabel adalah diagram yang digunakan untuk memonitor suatu karakteristik kualitas yang dapat diukur mean dan variabilitasnya. Banyak karakteristik kualitas yang dapat dinyatakan dalam bentuk ukuran angka. Suatu karakteristik kualitas yang dapat diukur seperti dimensi, berat atau volume dinamakan variabel (Montgomery, 1990).

Diagram kontrol tersebut juga digunakan untuk mengadakan perbaikan kualitas proses, menentukan kemampuan proses, membantu menentukan spesifikasi-spesifikasi yang efektif, menentukan kapan proses-proses dapat dijalankan sendiri dan kapan dibuat penyesuaiannya, dan menemukan penyebab dari tidak diterimanya standar kualitas tersebut (Ariani, 2004).

Pada Tabel 1 diperlihatkan penyajian struktur data yang sering digunakan untuk pengamatan menggunakan diagram kontrol variabel.

Tabel 1. Struktur Data Diagram Kontrol Multivariat untuk Pengamatan Subgrup

Subgrup (i)	Sampel (j)	Variabel (k)					
		X_1	X_2	...	X_k	...	X_p
1	1	X_{111}	X_{112}	...	X_{11k}	...	X_{11p}
	2	X_{121}	X_{122}	...	X_{12k}	...	X_{12p}
				
	j	X_{1j1}	X_{1j2}	...	X_{1jk}	...	X_{1jp}
				
	n	X_{1n1}	X_{1n2}	...	X_{1nk}	...	X_{1np}
	\bar{X}	$\bar{X}_{1.1}$	$\bar{X}_{1.2}$	...	$\bar{X}_{1.k}$	...	$\bar{X}_{1.p}$
	S^2	S^2_{1-1}	S^2_{1-2}	...	S^2_{1-k}	...	S^2_{1-p}
				
i	1	X_{i11}	X_{i12}	...	X_{i1k}	...	X_{i1p}
	2	X_{i21}	X_{i22}	...	X_{i2k}	...	X_{i2p}
				
	j	X_{ij1}	X_{ij2}	...	X_{ijk}	...	X_{ijp}
				
	n	X_{in1}	X_{in2}	...	X_{ink}	...	X_{inp}
	\bar{X}	$\bar{X}_{i.1}$	$\bar{X}_{i.2}$	...	$\bar{X}_{i.k}$	...	$\bar{X}_{i.p}$

	S^2	S^2_{i-1}	S^2_{i-2}	...	S^2_{i-k}	...	S^2_{i-p}
				
m	1	X_{m11}	X_{m12}	...	X_{m1k}	...	X_{m1p}
	2	X_{m21}	X_{m22}	...	X_{m2k}	...	X_{m2p}
				
	j	X_{mj1}	X_{mj2}	...	X_{mjk}	...	X_{mjp}
				
	n	X_{mn1}	X_{mn2}	...	X_{mnk}	...	X_{mnp}
	\bar{X}	$\bar{X}_{m.1}$	$\bar{X}_{m.2}$	...	$\bar{X}_{m.k}$	...	$\bar{X}_{m.p}$
S^2	S^2_{m-1}	S^2_{m-2}	...	S^2_{m-k}	...	S^2_{m-p}	
Rata-rata keseluruhan pengamatan	$\bar{X}_{..1}$	$\bar{X}_{..2}$	...	$\bar{X}_{..k}$	...	$\bar{X}_{..p}$	
Varian keseluruhan pengamatan	$S^2_{..1}$	$S^2_{..2}$	...	$S^2_{..k}$	...	$S^2_{..p}$	

2.4. Diagram Kontrol T^2 Hotelling

Salah satu pendekatan dalam mengontrol dan memonitor rata-rata proses pada kasus multivariat yaitu dengan menggunakan diagram kontrol T^2 Hotelling. Diagram kontrol T^2 Hotelling merupakan generalisasi dari distribusi-t. Mason dan Young (1999, 2001) dalam Djauhari (2005) mengatakan bahwa proses statistik T^2 Hotelling merupakan alat yang efektif dan berguna dalam mendeteksi perubahan proses yang sangat kecil.

Nilai statistik pada diagram kontrol T^2 Hotelling untuk masing-masing sampel adalah

$$T_i^2 = n(\bar{X}_{i.k} - \bar{X}_{..k})'S^{-1}(\bar{X}_{i.k} - \bar{X}_{..k})$$

S^{-1} merupakan invers dari matriks kovarian S .

Diagram kontrol T^2 Hotelling memiliki dua batas kontrol yaitu Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB). Proses dikatakan tidak terkendali jika terdapat pengamatan yang keluar dari batas kontrol (Montgomery, 1990).

Dalam penggunaan diagram kontrol T^2 Hotelling terdapat dua tahap yaitu tahap I dan tahap II. Jika pada Tahap I sudah terkontrol, maka batas kontrol yang didapatkan bisa digunakan untuk tahap II dalam memonitor proses produksi selanjutnya. Batas kontrol pada diagram kontrol T^2 Hotelling untuk Tahap I yaitu :

$$BKA = \frac{p(m-1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{\alpha,p,mn-m-p+1}$$

$$BKB = 0$$

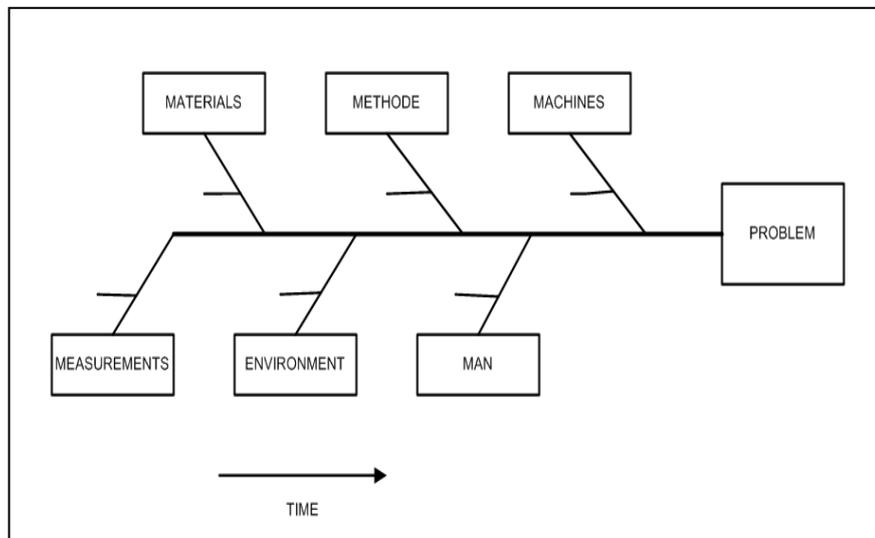
Dimana $F_{\alpha,p,mn-m-p+1}$ merupakan nilai yang diperoleh dari tabel F dengan taraf signifikansi α dan pembilang p , derajat bebas $mn-m-p+1$.

2.5. Diagram Sebab Akibat

Diagram sebab-akibat merupakan diagram yang menggambarkan hubungan antara penyebab dan akibat yang timbul pada suatu permasalahan yang bentuknya seperti rangkaian tulang ikan dengan masalah sebagai kepalanya. Diagram ini digunakan untuk mengetahui akibat yang timbul dari permasalahan untuk mencari solusinya, dan dari akibat-akibat tersebut dapat diketahui kemungkinan penyebab permasalahannya. Penyebab masalah ini pun dapat berasal dari berbagai sumber utama, misalnya metode kerja, bahan, pengukuran, karyawan, lingkungan, dan seterusnya (Ariani, 2004).

Untuk memudahkan dalam mencari faktor-faktor penyebab, pada umumnya faktor-faktor tersebut dikelompokkan ke dalam 6 faktor utama 5M+1E, yaitu *material*, *man*,

methode, machine, measurement, dan environment (Montgomery, 1990). Diagram sebab-akibat (*Fishbone Diagram*) dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Sebab Akibat

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Sumber Data

Data yang akan digunakan merupakan data sekunder dari proses produksi kaca di Pabrik Kaca di Kabupaten Kendal pada bulan September 2014 sampai Oktober 2014. Dari sampel data produksi yang diambil, dengan asumsi bahwa hasil proses produksi yang berlangsung tidak berubah dan dapat mewakili populasi hasil produksi hari-hari lainnya.

3.2. Variabel Penelitian

Struktur data untuk penelitian ini disesuaikan dengan Tabel 1 dengan menetapkan beberapa nilai sebagai berikut :

- i) Tahap I = Data hasil produksi bulan September 2014
Tahap II = Data hasil produksi bulan Oktober 2014
- ii) m = banyaknya subgrup pada Tahap I dan Tahap II
- iii) n = banyaknya sampel tiap subgrup
- iv) p = banyaknya karakteristik kualitas

Variabel-variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah

X_1 = Tebal (mm)

X_2 = Panjang (mm)

X_3 = Lebar (mm)

3.3. Metode Analisis

Adapun langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian dan analisis data adalah sebagai berikut :

1. Mengumpulkan data, kemudian data yang sudah didapat harus memenuhiasumsi yaitu adanya hubungan atau korelasi antar variabel dan data berdistribusi normal multivariat.
2. Melakukan analisis data pengontrolan hasil produksi menggunakan Diagram Kontrol T^2 Hotelling. Dilakukan dua tahap, yaitu Tahap I menggunakan data kelompok pertama. Pengontrolan proses dilakukan hingga keadaan terkontrol. Jika pada Tahap I sudah terkontrol, maka pada Tahap II dapat menggunakan batas kontrol dari Tahap I untuk memonitor proses produksi selanjutnya.

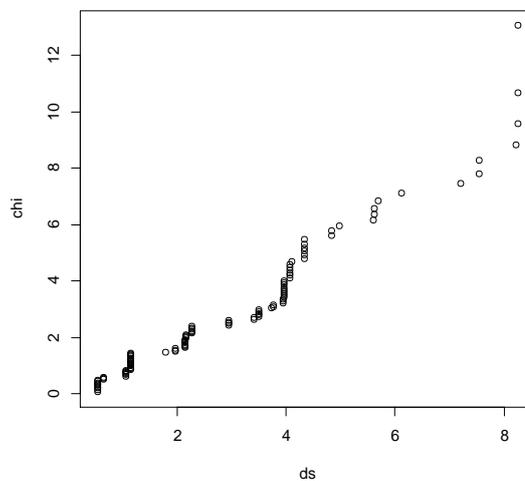
3. Mengidentifikasi penyebab proses tidak terkontrol (*out of control*).
4. Melakukan analisis data Tahap II dengan langkah-langkah yang hampir sama pada analisis data Tahap I dengan menggunakan Batas Pengendali pada data Tahap I yang sudah terkontrol (*in control*).
5. Melakukan penarikan kesimpulan tentang proses pengendalian kualitas yang harus dilakukan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Distribusi Normal Multivariat

a. Tahap I

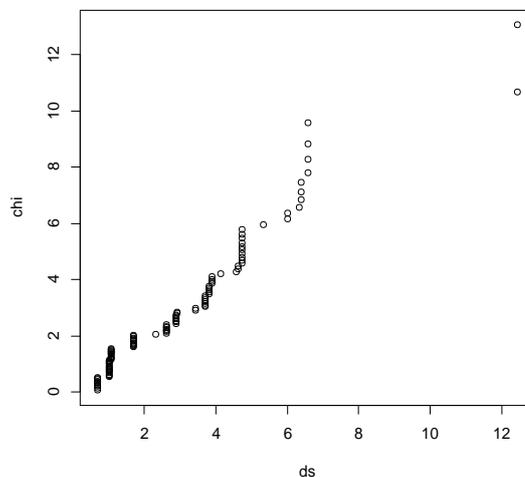
Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai $D(0,1233)$ dan nilai $W_{(0,95)}$ dengan uji 2 arah (0,281). Karena $D(0,1233) < W_{(0,95)}$ dengan uji 2 arah (0,281) atau nilai sig (0,0704) $> \alpha(0,05)$ maka H_0 diterima. Dilihat dari output Gambar 2 menunjukkan bahwa plot cenderung mengikuti pola garis lurus sehingga dikatakan data berdistribusi normal multivariat.



Gambar 2. Scatterplot Data Proses Produksi Kaca Tahap I

b. Tahap II

Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai $D(0,1213)$ dan nilai $W_{(0,95)}$ dengan uji 2 arah (0,281). Karena $D(0,1213) < W_{(0,95)}$ dengan uji 2 arah (0,281) atau nilai sig (0,0783) $> \alpha(0,05)$ maka H_0 diterima. Dilihat dari output Gambar 5 menunjukkan bahwa plot cenderung mengikuti pola garis lurus sehingga dapat dikatakan data berdistribusi normal multivariat.



Gambar 3. Scatterplot Data Proses Produksi Kaca Tahap I

4.2 Uji Korelasi Antar Variabel

Untuk mengetahui korelasi antar variabel maka di perlukan matriks R, yang akan dibandingkan dengan matriks Identitas. Berikut adalah Matriks R yang didapatkan.

$$\begin{aligned} \text{Matriks R Tahap I} &= \begin{bmatrix} 1 & 0,258 & -0,146 \\ 0,258 & 1 & -0,084 \\ -0,146 & -0,084 & 1 \end{bmatrix} \\ \text{Matriks R Tahap II} &= \begin{bmatrix} 1 & 0,331 & 0,130 \\ 0,331 & 1 & -0,028 \\ 0,130 & -0,028 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

a. Tahap I

Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai χ^2 sebesar $10,8019 > (0,352) \chi^2_{[0,05,3]}$ dan p -value bernilai $0,012 < 0,05$ maka H_0 ditolak. Sehingga Data proses produksi kaca tahap I saling berkorelasi antar variabel

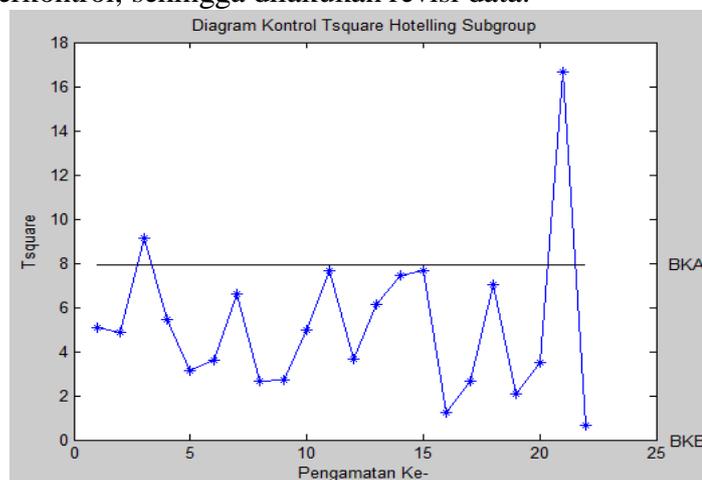
b. Tahap II

Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai χ^2 sebesar $14,8825 > (0,352) \chi^2_{[0,05,3]}$ dan p -value bernilai $0,001 < 0,05$ maka H_0 ditolak. Sehingga Data proses produksi kaca tahap I saling berkorelasi antar variabel

4.3 Pengendalian Kualitas Vektor Mean Menggunakan Diagram Kontrol T^2 Hotelling

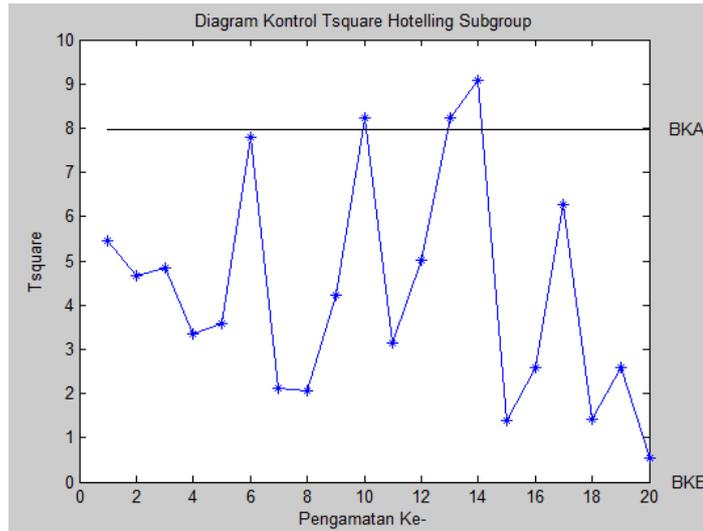
a. Pengendalian Vektor Mean Proses Produksi Kaca Tahap I

Pada tahap pertama yang dilakukan adalah memonitor terhadap mean pada proses produksi kaca menggunakan diagram kontrol T^2 Hotelling. Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa proses produksi pada tahap I tidak Terkontrol. Hal ini ditunjukkan adanya titik yang keluar dari batas kontrol pada pengamatan ke-3 dan ke-21. Batas kontrol yang di dapat dengan menggunakan rumus BKA adalah 7,9428 pada batas kontrol atas dan 0 pada batas kontrol bawah. Batas kontrol tersebut tidak bisa digunakan untuk pengontrolan tahap ke II. Hal tersebut dikarenakan proses pada tahap pertama belum terkontrol, sehingga dilakukan revisi data.



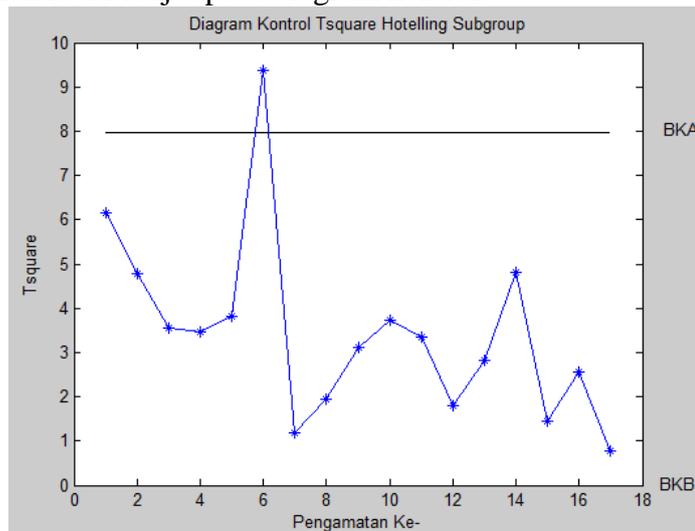
Gambar 3. Diagram kontrol T^2 Hotelling Tahap I

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa data masih tidak terkontrol dengan batas kontrol atas yang didapat dari rumus BKA yang telah direvisi datanya ke-1 sebesar 7,956. Hal ini ditunjukkan adanya titik yang keluar dari batas kontrol pada pengamatan ke-10, ke-13 dan ke-14. Batas kontrol tersebut tidak bisa digunakan untuk pengontrolan tahap ke II dan dilakukan revisi lanjut pada diagram kontrol.



Gambar 4. Revisi ke-1 Diagram kontrol T^2 Hotelling Tahap I

Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa data masih tidak terkontrol dengan batas kontrol atas yang didapat dari rumus BKA yang telah direvisi datanya ke-2 sebesar 7,9817. Hal ini ditunjukkan adanya titik yang keluar dari batas kontrol pada pengamatan ke-6. Batas kontrol tersebut tidak bisa digunakan untuk pengontrolan tahap ke II dan dilakukan revisi lanjut pada diagram kontrol.



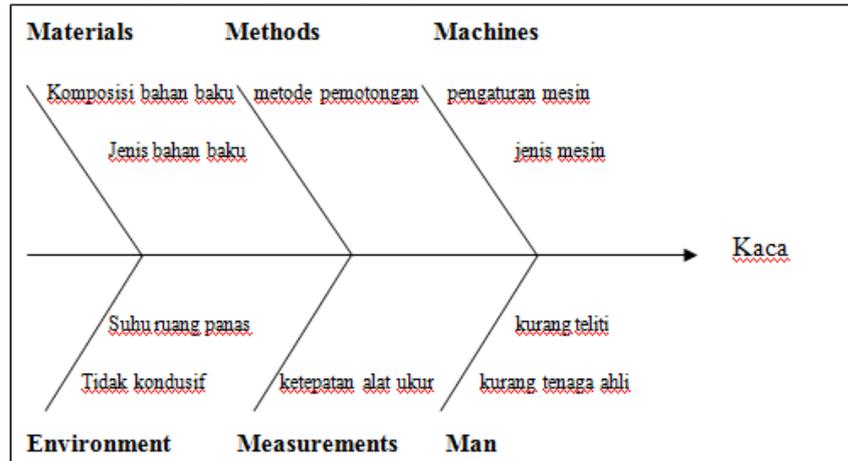
Gambar 5. Revisi ke-2 Diagram kontrol T^2 Hotelling Tahap I

Berdasarkan Gambar 6 dapat diketahui bahwa data sudah terkontrol dengan batas kontrol atas yang didapat dari rumus BKA yang telah direvisi datanya ke-3 sebesar 7,9925. Hal tersebut terlihat dari nilai statistik T^2 Hotelling untuk setiap pengamatan berada dibawah nilai batas kontrol atas. Dengan demikian data tahap I sudah terkontrol sehingga dilanjutkan ke pengontrolan tahap II.

Pada Gambar 6 menjelaskan hubungan sebab akibat dari proses produksi kaca. Setiap tulang kemungkinan mewakili sumber penyebab dari tidak terkontrol. Sedangkan akibat yang ditimbulkan ditunjukkan pada garis horizontal dengan anak panah, dalam hal ini adalah munculnya variasi pada variabel lebar kaca.

Berdasarkan wawancara dengan pihak Perusahaan diperoleh informasi, faktor *materials* (bahan) disebabkan oleh bahan baku dan komposisi bahan baku yang mempunyai takaran tidak sesuai, hal itu menyebabkan kaca kurang elastis sehingga membuat kaca sulit di potong. Faktor *methods* (metode) disebabkan metode pemotongan yang masih manual sehingga menyebabkan ukuran yang kurang teliti.

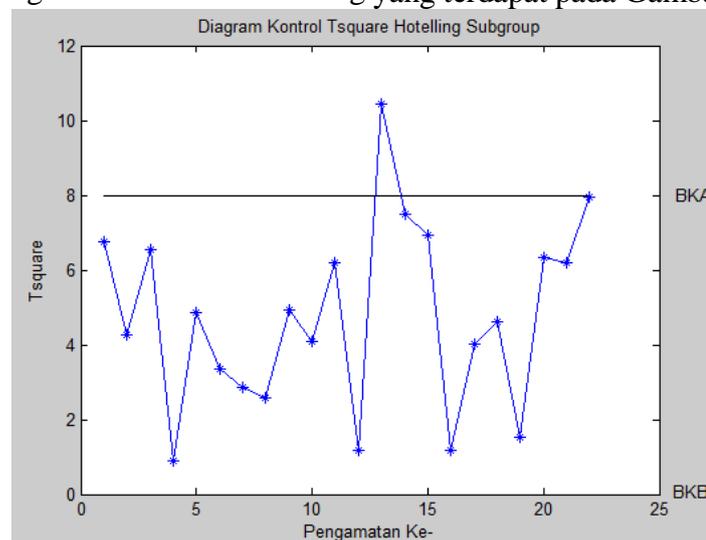
Faktor *machine* (mesin) disebabkan pada pengaturan mesin dan jenis mesin yang masih manual dalam melakukan pemotongan. Faktor *environment* (lingkungan) disebabkan oleh suhu ruang yang panas dan tidak kondusif. Faktor *measurements* (pengukuran) disebabkan oleh ketepatan alat ukur yang kurang teliti, karena masih menggunakan alat ukur manual. Faktor *man* (manusia) disebabkan kurang teliti dalam melakukan pengukuran dan kurangnya tenaga ahli yang dimiliki.



Gambar 6. Penyebab Tidak Terkontrol Pada Proses Produksi Kaca

b. Pengendalian Vektor Mean Proses Produksi Kaca Tahap II

Pada tahap kedua akan memonitor terhadap mean pada proses produksi kaca menggunakan Diagram kontrol T^2 Hotelling dengan batas kontrol yang didapat dari Tahap I. Berikut adalah hasil pengendalian mean pada proses produksi kaca Tahap II menggunakan Diagram Kontrol T^2 Hotelling yang terdapat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram kontrol T^2 Hotelling Tahap II

Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa proses produksi pada Tahap II tidak terkontrol. Hal ini ditunjukkan adanya titik keluar dari batas kontrol pada pengamatan ke-13 dengan batas kontrol atas sebesar 7,9925 dan 0 pada batas kontrol bawah. Hal ini menunjukkan bahwa secara rata-rata proses produksi kaca Tahap II (bulan Oktober 2014) belum mendapatkan perbaikan dari perusahaan, sehingga perusahaan harus melakukan perbaikan agar produk dihasilkan bisa berkualitas dan bisa bersaing dengan perusahaan lain.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat diperoleh beberapa kesimpulan, sebagai berikut :

1. Proses produksi kaca pada tahap I, yaitu proses produksi bulan September 2014 dikatakan tidak stabil atau tidak terkontrol. Diperlukan tiga kali revisi sehingga didapatkan BKA untuk tahap yang ke II.
2. Faktor-faktor yang menyebabkan ketidakstabilan dari proses produksi kaca pada variabel lebar berasal dari 6 faktor utama, yaitu *materials* (bahan), *methods* (metode), *machine* (mesin), *environment* (lingkungan), *measurements* (pengukuran), dan *man* (manusia).
 - a. faktor *materials* (bahan) disebabkan oleh bahan baku dan komposisi bahan baku yang mempunyai takaran tidak sesuai.
 - b. Faktor *methods* (metode) disebabkan metode pemotongan yang masih manual sehingga menyebabkan ukuran yang kurang teliti.
 - c. Faktor *machine* (mesin) disebabkan pada pengaturan mesin dan jenis mesin yang masih manual dalam melakukan pemotongan.
 - d. Faktor *environment* (lingkungan) disebabkan oleh suhu ruang yang panas dan tidak kondusif.
 - e. Faktor *measurements* (pengukuran) disebabkan oleh ketepatan alat ukur yang kurang teliti.
 - f. Faktor *man* (manusia) disebabkan kurang teliti dalam melakukan pengukuran dan kurangnya tenaga ahli yang dimiliki.
3. Pada proses produksi kaca tahap II, yaitu proses produksi bulan Oktober 2014 dengan Batas Kontrol Atas sebesar 7,9925 masih tidak stabil atau tidak kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa rata-rata proses produksi kaca tahap II belum mendapatkan perbaikan dari perusahaan, sehingga perusahaan harus melakukan perbaikan agar produk dihasilkan bisa berkualitas dan bisa bersaing dengan perusahaan lain.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, D. 2004. Pengendalian Kualitas Statistik “*Pendekatan Kuantitatif dalam Manajemen Kualitas*”. Andi Offset : Yogyakarta.
- Austin, G.T.1996. *Industri Proses Kimia*. Jakarta : Erlangga
- Daniel, W.W. 1989. *Statistika Nonparametrik Terapan*. Alex Tri Kuncoro, penerjemah. Jakarta: PT Gramedia. Terjemah dari Applied Nonparametric Statistic
- Djauhari, M. A. 2005. Improved Monitoring of Multivariate Process Variability. *Journal of Quality Technology*. Vol.37, No.1, p.32-39.
- Johnson, R. A. dan Wichern, D. W., 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis 6th edition*. Pearson Education Inc, United States of America.
- Mason, R.L., Young, J.C., dan Tracy, N.D. 1997. A Practical Approach for Interpreting Multivariate T² Control Chart Signal, *Journal of Quality Technology*, 31(2), 155-165.
- Montgomery, D. C. 1990. *Introduction to Statistical Quality Control 4th edition*. John Wiley and Sons Inc, New York.
- Morrison, D. F. 1990. *Multivariate Statistical Methods Third Edition*. Mc Graw Hill Inc, USA.
- Rengganis, A. 2008. *Sistem Pemotongan Kaca Berbasis PLC pada PT.Tossa Shakti Unit Figured Glass*. Politeknik Negeri Semarang. Semarang: Jurusan Teknik Elektro