

PENERAPAN DIAGRAM KONTROL *IMPROVED GENERALIZED VARIANCE* PADA PROSES PRODUKSI *HIGH DENSITY POLYETHYLENE* (HDPE)

Rahma Kurnia Widyawati¹, Hasbi Yasin^{2*)}, Triastuti Wuryandari³

¹Mahasiswa Jurusan Statistika FSM UNDIP

^{2,3}Staff Pengajar Jurusan Statistika FSM UNDIP

ABSTRAK

Dalam suatu industri manufaktur, pengendalian kualitas yang sesuai standar dari perusahaan terhadap produk yang dihasilkan sangat diperlukan. Biasanya pengendalian kualitas tersebut hanya menggunakan metode sederhana, sehingga diperlukan adanya analisis lebih lanjut, yaitu dengan menggunakan salah satu metode statistika inferensia. Penelitian dilakukan pada CV. Garuda Plastik Karangawen untuk mengetahui keadaan proses produksi *High Density PolyEthylene* (HDPE). Pengendalian kualitas yang dilakukan melibatkan dua karakteristik kualitas yaitu Panjang dan Berat HDPE. Kualitas pada umumnya diukur menggunakan beberapa karakteristik, sehingga diperlukan metode pengendalian kualitas multivariat dalam melakukan monitoring. Pengendalian kualitas *mean* proses menggunakan diagram kontrol $T^2_{Hotelling}$, sedangkan pengendalian kualitas variabilitas proses menggunakan diagram kontrol *Improved Generalized Variance*. Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap. Pada Tahap I diketahui bahwa proses produksi HDPE belum stabil dalam variabilitas maupun *mean*-nya. Pada Tahap II diketahui bahwa proses produksi HDPE belum stabil dalam variabilitasnya tetapi sudah stabil dalam *mean*, artinya proses produksi Tahap II sudah dilakukan perbaikan. Berdasarkan hal tersebut yang menyebabkan proses produksi tidak stabil adalah sistem kejar target produksi sehingga berpengaruh pada bahan baku, pengaturan mesin dan suhu mesin yang sering berubah-ubah sehingga mengakibatkan ukuran *roll* HDPE menjadi beragam.

Kata kunci : Pengendalian Kualitas, *Mean*, Variabilitas, Diagram Kontrol $T^2_{Hotelling}$, Diagram Kontrol *Improved Generalized Variance*.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam dunia bisnis, para pelaku bisnis dituntut untuk memiliki suatu ide dalam berinovasi pada produk yang dihasilkan supaya dapat diterima konsumen dan dapat menguasai pangsa pasar. Kualitas barang atau jasa yang dihasilkan merupakan hal terpenting yang perlu diperhatikan, karena kualitas merupakan faktor utama sebagai dasar konsumen maupun kelompok industri dalam memutuskan pemilihan produk yang sesuai keinginan, sehingga kualitas merupakan kunci bagi keberhasilan bisnis^[5].

CV. Garuda Plastik Karangawen merupakan perusahaan pembuatan sekaligus distributor kantong plastik. Salah satu produk yang dihasilkan dan menjadi andalan adalah plastik jenis *High Density PolyEthylene* (HDPE). Sebagai perusahaan yang menghasilkan suatu produk, maka diperlukan adanya pengendalian kualitas pada produk tersebut. Perusahaan melakukan monitoring terhadap kualitas HDPE secara manual yang dilihat melalui pendapatan dari hasil produksi dan banyaknya pesanan yang diterima.

Dalam menjaga kualitas produk, diperlukan monitoring proses secara statistik (SPC). SPC yang sering digunakan adalah diagram kontrol yang memberikan tampilan berupa grafik dari suatu hasil proses produksi sehingga dapat diketahui apakah proses tersebut dalam keadaan terkontrol atau tidak terkontrol.

Karakteristik kualitas yang diukur pada proses produksi HDPE yaitu panjang dan berat HDPE. Berdasarkan karakteristik tersebut, maka pengendalian kualitas statistik (SPC) yang dapat digunakan untuk memonitoring pergeseran variabilitas pada proses produksi adalah pengontrolan multivariat dengan syarat karakteristik kualitas memiliki korelasi. Analisis statistik multivariat adalah analisis statistika yang dikenakan pada data yang terdiri dari banyak variabel dan antar variabel saling berkorelasi^[4].

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memonitoring proses produksi, sehingga tidak terdapat hasil produksi yang tidak terkontrol dengan menggunakan diagram kontrol *Improved Generalized Variance* pada proses produksi *High Density PolyEthylene* (HDPE), sehingga pada proses produksi dapat menghasilkan produk yang berkualitas sesuai standar dan dapat memberikan kepuasan kepada konsumen.

1.2. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengendalian kualitas dalam *mean* dan variabilitas pada proses produksi *High Density PolyEthylene* (HDPE).
2. Mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya proses produksi yang tidak terkontrol.
3. Mengetahui proses produksi dalam *mean* dan variabilitas pada produk *High Density PolyEthylene* (HDPE) pada pengamatan yang tidak terkontrol setelah dilakukan perbaikan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian *High Density PolyEthylene* (HDPE)

High Density PolyEthylene (HDPE) adalah jenis plastik yang aman digunakan, karena plastik ini mampu untuk mencegah reaksi kimia dengan jenis makanan atau minuman yang dikemasnya. Jenis plastik HDPE memiliki sifat yang kuat, lebih tahan terhadap suhu tinggi, dan aman digunakan. Dalam pemakaian jenis plastik ini dianjurkan untuk sekali pemakaian saja. Jenis plastik ini juga dapat dimanfaatkan kembali untuk membuat lantai ubin, pipa, botol dan sebagainya.

2.2. Proses Produksi *High Density PolyEthylene* (HDPE)

Langkah-langkah proses pembuatan plastik HDPE adalah sebagai berikut:

1. Mencampurkan bahan baku dan bahan tambahan yang dimasukkan kedalam *Open Mixer* untuk proses pengadukan yang dilakukan selama 15-30 menit.
2. Bahan yang sudah tercampur dimasukkan ke dalam wadah berbentuk corong yang berfungsi untuk mengurangi kadar air dengan suhu 80-100°C.
3. Bahan yang sudah menjadi biji plastik kemudian dimasukkan ke dalam *Barel* untuk dipanaskan dengan suhu 200°C.
4. Biji plastik yang dalam keadaan panas dimasukkan ke dalam mesin *Des* untuk proses pembentukan plastik. Hasil dari proses ini adalah plastik HDPE dalam bentuk *roll* yang dinamakan *roll* HD.
5. Plastik HDPE dalam bentuk *roll* ini siap dipotong dengan menggunakan mesin potong sesuai dengan ukuran yang diinginkan.
6. Plastik yang sudah dipotong kemudian dimasukkan pada mesin *Plong*, mesin ini berfungsi untuk membuat pegangan pada plastik.
7. Plastik sudah siap diproses secara manual untuk dikemas dan diberi label merk sesuai permintaan^[2].

2.3. Pengendalian Kualitas Statistik

Dalam pengujian dan pemeriksaan kualitas suatu produk, tidak mungkin bahwa produk tersebut sudah dibuat dengan benar sejak pertama kali dibuat. Hal ini berarti proses produksi yang berlangsung harus stabil dan mampu beroperasi sesuai dengan benar sejak awal,

sehingga diperlukan adanya pengendalian kualitas statistik, dan prosedur pengendalian proses statistik yang paling sederhana adalah dengan grafik pengendali^[5].

2.4. Distribusi Normal Multivariat

Distribusi normal multivariat adalah suatu perluasan dari distribusi normal univariat untuk dimensi $p \geq 2$ sebagai aplikasi pada variabel-variabel yang memiliki hubungan^[4]. Variabel X_1, X_2, \dots, X_p dikatakan berdistribusi normal multivariat dengan parameter μ dan Σ jika mempunyai fungsi densitas probabilitas sebagai berikut :

$$f(X_1, X_2, \dots, X_p) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{p/2}} e^{-1/2(x-\mu)'\Sigma^{-1}(x-\mu)} \quad (2.1)$$

Berdasarkan sifat tersebut maka untuk pemeriksaan distribusi normal multivariat untuk $p \geq 2$ dapat dilakukan dengan cara membuat $Q-Q$ plot dari nilai

$$d_{ij}^2 = (\mathbf{X}_{ijk} - \bar{\mathbf{X}}_{\bullet\bullet k})' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{X}_{ijk} - \bar{\mathbf{X}}_{\bullet\bullet k}) \quad (2.2)$$

Berdasarkan pada kriteria tersebut, dengan struktur data Diagram Kontrol Multivariat untuk pengamatan subgroup yang dapat dilihat pada Tabel 2.1, sehingga pemeriksaan distribusi normal multivariat dapat diasumsikan dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut :

Hipotesis :

H_0 : Data berdistribusi normal multivariat

H_1 : Data tidak berdistribusi normal multivariat

Statistik Uji : $t = \text{banyaknya nilai } d_{ij}^2 \leq \chi^2_{[p, (n-j+0,5)/n]}$

Daerah kritis : data berdistribusi normal multivariat jika nilai $t \geq 50\%$ atau pada $Q-Q$ plot menunjukkan pola cenderung mengikuti garis lurus.

Adapun prosedur dalam pengujian distribusi normal multivariat yang akan dilakukan, yaitu dengan membuat $Q-Q$ plot tersebut adalah sebagai berikut :

1. Menghitung jarak Mahalanobis atau d_{ij}^2 sesuai persamaan (2.2)
2. Mengurutkan d_{ij}^2 dari yang terkecil sampai yang terbesar
3. Menentukan nilai q_j dimana $q_j = \chi^2_{[p, (n-j+0,5)/n]}$
4. Membuat *scatter plot* d_{ij}^2 dengan q_j dengan titik koordinat $(d_{ij}^2; \chi^2_{[p, (n-j+0,5)/n]})$.

2.5. Uji Bartlett

Variabel X_1, X_2, \dots, X_p dikatakan saling bebas (*independent*) jika matriks korelasi antar variabel membentuk matriks identitas^[6].

Hipotesis :

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

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

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

Dimana n adalah jumlah observasi, p adalah jumlah karakteristik, \mathbf{R} adalah matriks korelasi dari masing-masing variabel, dan $\chi^2_{[\alpha, \frac{1}{2}p(p-1)]}$ adalah nilai quantil dari distribusi *chi-square* dengan tingkat kepercayaan sebesar α dan derajat bebas sebesar $\frac{1}{2}p(p-1)$.

Daerah kritis : data memiliki korelasi antar variabel jika nilai $\chi^2_{\text{hitung}} > \chi^2_{[\alpha, \frac{1}{2}p(p-1)]}$

Keputusan : H_0 ditolak jika $\chi^2_{\text{hitung}} > \chi^2_{[\alpha, \frac{1}{2}p(p-1)]}$.

2.6. Diagram Kontrol Variabel

Pengendalian kualitas proses statistik untuk data variabel disebut dengan metode peta kendali (*control chart*). Metode ini digunakan untuk menggambarkan variasi atau penyimpangan yang terjadi pada kecenderungan memusat dan penyebaran observasi. Metode ini juga dapat menunjukkan apakah proses dalam keadaan stabil atau tidak^[1]. Suatu

karakteristik kualitas yang dapat diukur seperti dimensi, berat atau volume dinamakan variabel^[5].

Tabel 2.1 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}	$\bar{X}_{\cdot 1}$	$\bar{X}_{\cdot 2}$...	$\bar{X}_{\cdot k}$...	$\bar{X}_{\cdot p}$
	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		$\bar{X}_{\cdot \cdot 1}$	$\bar{X}_{\cdot \cdot 2}$...	$\bar{X}_{\cdot \cdot k}$...	$\bar{X}_{\cdot \cdot p}$
Varian Keseluruhan Pengamatan		S ² _{\cdot \cdot 1}	S ² _{\cdot \cdot 2}	...	S ² _{\cdot \cdot k}	...	S ² _{\cdot \cdot p}

2.7. Diagram Kontrol $T^2_{Hotelling}$

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^[3].

Nilai statistik pada diagram kontrol $T^2_{Hotelling}$ untuk masing-masing sampel adalah

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

dengan k adalah ukuran masing-masing sampel tiap subgrup dan S^{-1} merupakan invers dari matriks kovarian S .

Pada diagram kontrol $T^2_{Hotelling}$ memiliki dua batas kontrol yaitu Batas Pengendali Atas (BPA) dan Batas Pengendali Bawah (BPB). Proses dikatakan tidak terkendali jika terdapat pengamatan yang keluar dari batas kontrol^[5].

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

$$BPB = 0$$

Dimana $F_{\alpha; p; mn-m-p+1}$ merupakan nilai yang diperoleh dari tabel F dengan taraf signifikansi α dan derajat bebas p , $mn-m-p+1$. Dalam penggunaan diagram kontrol $T^2_{Hotelling}$ terdapat dua Tahap yaitu Tahap I dan Tahap II. Tahap I digunakan untuk mengestimasi $\bar{X}_{\cdot \cdot k}$ dan S pada diagram kontrol jika proses sudah terkendali, maka pada Tahap II dapat menggunakan batas kontrol dari Tahap I untuk memonitoring proses produksi selanjutnya.

2.8. Diagram Kontrol Improved Generalized Variance (|S|)

Diagram Kontrol Improved Generalized Variance merupakan pengembangan dari Diagram Kontrol Generalized Variance^[3]. Misalkan X_1, X_2, \dots, X_n adalah sampel random dari distribusi normal p -variat $N_p(\mu, \Sigma)$, dimana Σ adalah definit positif. Maka determinan dari matriks kovarian $|S|$ memiliki distribusi yang sama

$$[|\Sigma|/(n-1)^p] Z_1 Z_2 \dots Z_p$$

dimana Z_k independent dan $Z_k \sim \chi^2_{n-k}$ dengan $k = 1, 2, \dots, p$. Parameter Σ dapat ditaksir berdasarkan persamaan (2.9)^[3].

$$\begin{aligned}
E(|S|^r) &= \left(\frac{|\Sigma|}{(n-1)^p}\right)^r \prod_{k=1}^p E(Z_k) \\
&= \left(\frac{2}{n-1}\right)^{pr} |\Sigma|^r \prod_{k=1}^p \frac{\Gamma\left(r+\frac{n-k}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n-k}{2}\right)}
\end{aligned} \tag{2.9}$$

sehingga diperoleh, $E(|S|)=b_1|\Sigma|$ dan $\text{Var}(|S|)=b_2|\Sigma|^2$. Oleh karena itu, dalam hal ini $|S|/b_1$ dan $|S|^2/(b_1^2+b_2)$ merupakan estimator tak bias dari $|\Sigma|$ dan $|\Sigma|^2$. Dengan syarat pengamatannya adalah bersifat sampel tunggal, dengan

$$\begin{aligned}
b_1 &= \frac{1}{(n-1)^p} \prod_{k=1}^p (n-k) \\
b_2 &= \frac{1}{(n-1)^{2p}} \prod_{k=1}^p (n-k) \times \left\{ \prod_{k=1}^p (n-k+2) - \prod_{k=1}^p (n-k) \right\}
\end{aligned}$$

Sedangkan untuk pengamatan subgrup dengan melibatkan m sampel *independent*, dengan \bar{S} adalah rata-rata dari S_i dan $|\bar{S}|$ merupakan determinan dari rata-rata matriks kovarian yang memiliki distribusi yang sama

$$[|\Sigma|/\{m(n-1)\}^p] \prod_{k=1}^p Z_k$$

dimana Z_k independent dan $Z_k \sim \chi^2_{m(n-1)-k+1}$ dengan $k = 1, 2, \dots, p$. Parameter Σ dapat ditaksir berdasarkan persamaan (2.9)^[3].

$$\begin{aligned}
E(|\bar{S}|^r) &= \left(\frac{|\Sigma|}{m(n-1)}\right)^{pr} |\Sigma|^r \prod_{k=1}^p E(Z_k) \\
&= \left(\frac{2}{m(n-1)}\right)^{pr} |\Sigma|^r \prod_{k=1}^p \frac{\Gamma\left(r+\frac{m(n-k)-k+1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{m(n-k)-k+1}{2}\right)}
\end{aligned} \tag{2.10}$$

sehingga diperoleh, $E(|S|)=b_3|\Sigma|$ dan $\text{Var}(|S|)=b_4|\Sigma|^2$. Oleh karena itu, dalam hal ini $|S|/b_3$ dan $|S|^2/(b_3^2+b_4)$ merupakan estimator tak bias dari $|\Sigma|$ dan $|\Sigma|^2$. Pengamatan dapat bersifat sampel tunggal maupun sampel subgrup. Dimana :

$$\begin{aligned}
b_3 &= \frac{1}{\{m(n-1)\}^{2p}} \prod_{k=1}^p m(n-1) - k + 1 \\
b_4 &= \frac{1}{\{m(n-1)\}^{2p}} \prod_{k=1}^p \left\{ m(n-1) - k + 1 \right\} \times \left[\prod_{k=1}^p \{m(n-1) - k + 3\} - \prod_{k=1}^p \{m(n-1) - k + 1\} \right]
\end{aligned}$$

Pengembangan Diagram Kontrol *Generalized Variance* ($|S|$) yang dimodifikasi sehingga dapat menghasilkan batas kendali yang tidak bias telah dilakukan oleh Djauhari. Hal itu sesuai dengan persamaan (2.9). Modifikasi dari Diagram Kontrol *Generalized Variance* ($|S|$) disebut Diagram Kontrol *Improved Generalized Variance* ($|S|$) yang dibuktikan lebih sensitif dalam mendeteksi pengamatan yang tidak terkontrol sesuai dengan persamaan (2.10).

Nilai statistik pada Diagram Kontrol *Improved Generalized Variance* memiliki kesamaan dengan Diagram Kontrol *Generalized Variance*, yaitu $|S_i|$. Diagram Kontrol *Improved Generalized Variance* memiliki dua batas kontrol, yaitu Batas Pengendali Atas (BPA) dan Batas Pengendali Bawah (BPB) serta satu Garis Tengah (GT) yang berarti rata-rata proses. Proses dikatakan tidak terkontrol apabila terdapat pengamatan yang keluar dari batas kontrol. Adapun batas kontrol untuk Diagram Kontrol *Improved Generalized Variance* adalah sebagai berikut :

$$BPA = |\bar{S}| \left(\frac{b_1}{b_3} + 3 \sqrt{\frac{b_2}{b_3^2+b_4}} \right) \tag{2.11}$$

$$GT = |\bar{S}| \frac{b_1}{b_3} \tag{2.12}$$

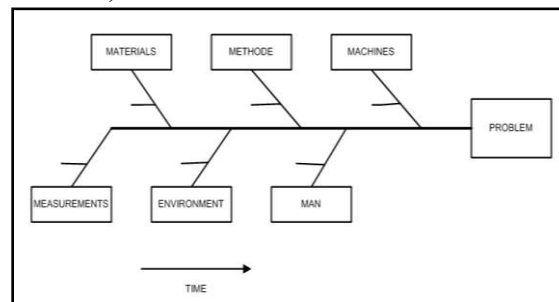
$$BPB = \max \left(0, |\bar{S}| \left(\frac{b_1}{b_3} - 3 \sqrt{\frac{b_2}{b_3^2+b_4}} \right) \right) \tag{2.13}$$

2.9. Diagram Sebab Akibat (*Fishbone Diagram*)

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. Penyebab masalah ini pun dapat berasal dari

berbagai sumber utama, misalnya metode kerja, bahan, pengukuran, karyawan, lingkungan, dan seterusnya^[1].

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*^[5].



Gambar 2.3 Diagram Sebab Akibat

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Data

Penelitian dilakukan dengan pengambilan sampel data selama empat minggu yang dilakukan selama empat kali yaitu setiap hari Sabtu yang dimulai pukul 10.00 -12.00 WIB. Data yang akan digunakan merupakan data sekunder dari proses produksi HDPE bulan Maret-April 2013. 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. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk pencatatan data produksi plastik HDPE yaitu kertas, pensil dan papan jalan. Sedangkan alat yang digunakan dalam melakukan pengawasan proses produksi plastik HDPE yaitu kamera digital. Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan adalah data hasil produksi plastik HDPE, yaitu data hasil produksi bulan Maret-April 2013. Pencatatan dilakukan secara manual dengan merekap data dari perusahaan. Teknik pengolahan untuk data yang sudah diperoleh yaitu dengan menggunakan *software MS. Excel 2007*, *MATLAB R2008a*, *MINITAB 14* dan *SPSS 16 for windows*.

3.3. Prosedur Penelitian dan Analisis Data

Struktur data untuk penelitian ini disesuaikan Tabel 2.1 dengan menetapkan beberapa nilai. Tahap I merupakan data hasil produksi HDPE bulan Maret 2013 dan Tahap II merupakan data hasil produksi HDPE bulan April 2013. Dengan m adalah banyaknya subgrup pada Tahap I dan Tahap II sebesar 28. n adalah banyaknya sampel tiap subgrup sebesar 5, dan p adalah banyaknya karakteristik kualitas sebesar 2. Variabel-variabel yang digunakan pada penelitian ini antara lain X_1 adalah panjang (*roll*) HDPE dengan spesifikasi 1 $roll = 3000m$ dan X_2 adalah berat (*roll*) HDPE dengan satuan kilogram (kg).

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

1. Melakukan studi pustaka sesuai tema yang akan diangkat dalam penelitian.
2. Menentukan tempat penelitian dan melakukan penelitian secara langsung.
3. Melakukan analisis data pengontrolan hasil produksi dengan menggunakan sebagai berikut :

- a. Diagram Kontrol Multivariat $T^2_{Hotelling}$

Pada analisis *mean* proses menggunakan diagram kontrol $T^2_{Hotelling}$ akan dilakukan dua Tahap, yaitu Tahap I menggunakan data kelompok pertama. Pengontrolan proses dilakukan hingga keadaan terkontrol. Hasil dari analisis tersebut berfungsi untuk

menaksir parameter yang akan digunakan untuk pengontrolan Tahap II menggunakan data kelompok kedua.

b. Diagram Kontrol *Improved Generalized Variance*

Pada analisis variabilitas proses menggunakan diagram kontrol *Improved Generalized Variance* akan dilakukan dua Tahap, yaitu Tahap I digunakan data kelompok pertama. Pengontrolan proses dilakukan hingga keadaan terkontrol. Hasil dari analisis tersebut berfungsi untuk menaksir parameter yang akan digunakan untuk pengontrolan Tahap II menggunakan data kelompok kedua.

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

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Karakteristik Proses Produksi *High Density PolyEthylene* (HDPE)

Dalam menganalisis karakteristik proses produksi HDPE secara umum dapat dilakukan dengan cara membuat ringkasan statistik deskriptif dari data proses produksi HDPE pada Tahap I dan Tahap II di CV. Garuda Plastik Karangawen yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.1 Ringkasan Statistik Deskriptif Proses Produksi *High Density PolyEthylene* (HDPE) di CV. Garuda Plastik Karangawen Tahap I

Variabel	Rata-rata	Varians	Min	Maks	CV
Panjang (m)	139.0714	1906.326	60	270	31.4%
Berat (kg)	121.90	1562.313	45.29	231.03	32.4%

Pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa variabel panjang merupakan variabel yang memiliki varian terbesar. Nilai koefisien variansi variabel berat lebih besar daripada nilai koefisien variansi variabel panjang yaitu $32,4\% > 31,4\%$, sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel berat lebih bervariasi atau beragam dibanding dengan variabel panjang. Rata-rata proses produksi yang dihasilkan perusahaan sudah sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditetapkan perusahaan. Tetapi variabel panjang perlu mendapatkan pengawasan yang lebih ketat agar tidak mempengaruhi kualitas pada produksi HDPE.

Tabel 4.1 Ringkasan Statistik Deskriptif Proses Produksi *High Density PolyEthylene* (HDPE) di CV. Garuda Plastik Karangawen Tahap II

Variabel	Rata-rata	Varians	Min	Maks	CV
Panjang (m)	158	2258.047	60	270	30.1%
Berat (kg)	124.13	1371.632	38.93	183.85	29.8%

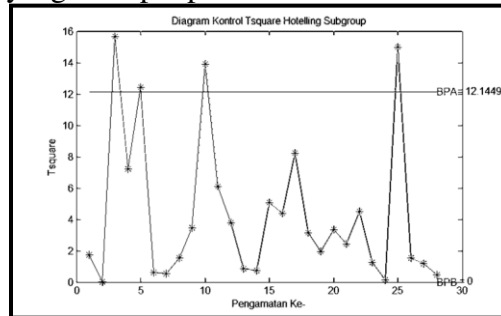
Pada Tabel 4.2 menunjukkan hasil ringkasan statistik deskriptif Tahap II tidak jauh berbeda dengan hasil ringkasan statistik deskriptif pada Tahap 1. Tetapi, pada data Tahap II ini didapatkan nilai varians variabel panjang lebih besar daripada Tahap I, yaitu 2258,047. Didukung dengan nilai koefisien variansi variabel panjang lebih besar daripada nilai koefisien variansi variabel berat yaitu $30,1\% > 29,8\%$, sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel panjang lebih bervariasi atau beragam dibanding dengan variabel berat. Dengan demikian kemungkinan pada proses produksi Tahap II variabel panjang belum mendapatkan adanya perbaikan, sedangkan pada variabel berat kemungkinan telah mengalami perbaikan.

Dari data pengamatan Tahap I dan Tahap II sebanyak 28 subgrup dan 2 variabel karakteristik kualitas, perhitungan menggunakan *macro* minitab, pada Tahap I diperoleh nilai $t = 53,57\%$ dan Tahap II diperoleh nilai $t = 55\%$, sehingga H_0 gagal ditolak dan disimpulkan data Tahap I dan Tahap II berdistribusi normal multivariat.

Pada uji *Bartlett* Tahap I diperoleh nilai χ^2 sebesar 96,1302 dan *p-value* bernilai 0. Dan pada uji *Bartlett* Tahap II diperoleh χ^2 sebesar 213,683 dan *p-value* bernilai 0, sehingga H_0 ditolak dan disimpulkan bahwa data Tahap I dan Tahap II saling berkorelasi antar variabel.

4.2. Pengendalian Vektor Mean dan Variabilitas Proses Produksi HDPE Tahap I

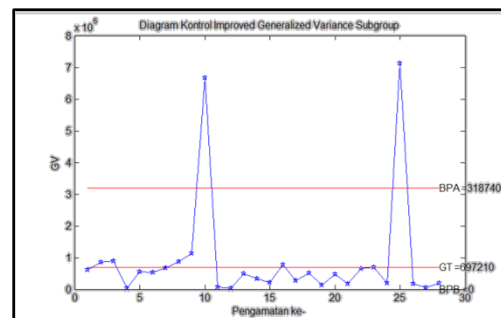
Berikut ini adalah hasil pengendalian *mean* proses produksi HDPE dengan menggunakan Diagram Kontrol $T^2_{Hotelling}$ yang terdapat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Diagram Kontrol Untuk Monitoring *Mean* Proses Produksi *High Density PolyEthylene* (HDPE) pada Tahap I

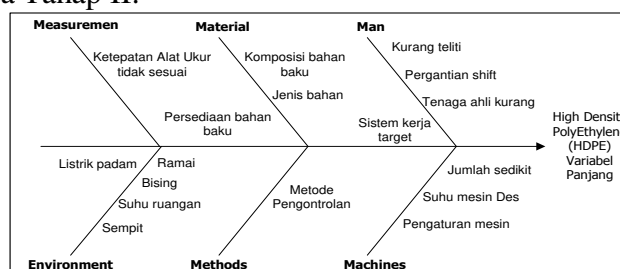
Pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa proses produksi pada Tahap I tidak terkontrol dalam *mean*. Hal ini ditunjukkan adanya titik yang keluar dari batas kontrol. Oleh karena itu taksiran parameternya belum dapat digunakan untuk pengendalian vektor *mean* proses data Tahap II.

Tahapan selanjutnya yang akan dilakukan adalah pengendalian variabilitas proses produksi HDPE menggunakan Diagram Kontrol *Improved Generalized Variance*. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Diagram Kontrol untuk Monitoring Variabilitas Proses Produksi *High Density PolyEthylene* (HDPE) pada Tahap I

Pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa proses produksi pada Tahap I belum terkontrol dalam variabilitasnya, karena terdapat titik-titik yang keluar dari batas pengendali atas (BPA), sehingga nilai taksiran parameternya belum dapat digunakan untuk pengendalian variabilitas proses data Tahap II.



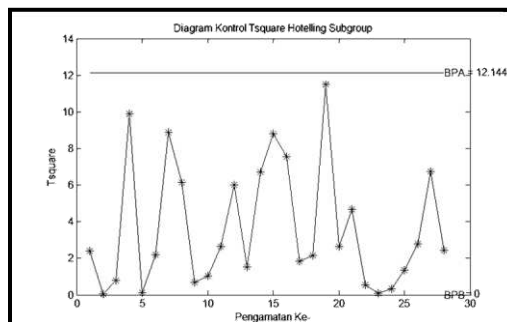
Gambar 4.5 Penyebab Pengamatan yang Tidak Terkontrol pada Proses Produksi *High Density PolyEthylene* (HDPE)

Berdasarkan informasi yang diperoleh secara informal dari perusahaan, dapat diketahui faktor-faktor yang menyebabkan ketidakstabilan dari proses produksi HDPE pada variabel panjang (X_1) yang dapat digambarkan menggunakan Diagram Sebab Akibat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.

Pada Gambar 4.5 menjelaskan hubungan sebab akibat dari proses produksi HDPE. Faktor penyebab tidak terkontrol berasal dari 6 faktor utama yaitu *measuremen* (pengukuran), *material* (bahan), *man* (manusia), *environment* (lingkungan), *methods* (metode), dan *machines* (mesin). Setiap faktor tersebut memiliki penyebab masing-masing. Faktor *measuremen* disebabkan oleh ketepatan alat ukur yang tidak sesuai. Faktor *material* disebabkan oleh komposisi bahan baku dan jenis bahan baku yang didapat kurang bagus. Faktor *man* disebabkan oleh pergantian *shift* dengan jam kerja yang panjang menyebabkan karyawan lelah, sehingga mengakibatkan kurang fokus dan teliti, ditambah lagi dengan kurangnya tenaga ahli dalam melakukan pengawasan. Faktor *environment* disebabkan oleh ruangan kerja yang sempit mengakibatkan suhu ruangan tidak menentu, lingkungan yang ramai dan bising serta terkadang sering terjadinya pemadaman listrik. Faktor *methods* disebabkan prosedur pengontrolan yang dilakukan tidak teratur dan tidak dilakukan secara berkala. Faktor *machines* disebabkan oleh jumlah mesin yang sedikit, pengaturan pada mesin dan suhu mesin *Des* yang berubah-ubah.

4.3. Pengendalian Vektor Mean dan Variabilitas Proses Produksi HDPE Tahap II

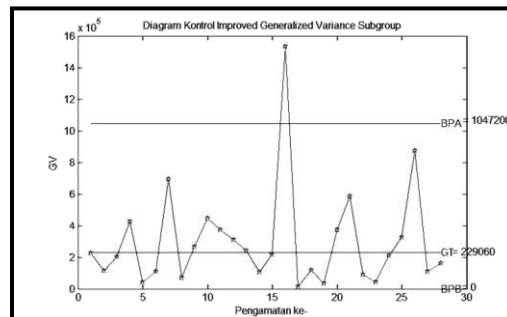
g Berikut ini adalah hasil pengendalian *mean* proses produksi HDPE pada CV. Garuda Plastik Karangawen dengan menggunakan Diagram Kontrol $T^2_{Hotelling}$ yang terdapat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Diagram Kontrol Untuk Monitoring *Mean* Proses Produksi *High Density PolyEthylene* (HDPE) pada Tahap II

Pada Gambar 4.6 menunjukkan bahwa proses produksi pada Tahap II sudah terkontrol dalam *mean*. Hal ini menunjukkan bahwa secara rata-rata dari proses produksi HDPE pada bulan April 2013 sudah mendapatkan perbaikan yang maksimal dari perusahaan.

Tahapan selanjutnya yang akan dilakukan adalah pengendalian variabilitas proses produksi HDPE menggunakan Diagram Kontrol *Improved Generalized Variance*. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Diagram Kontrol untuk Monitoring Variabilitas Proses Produksi *High Density PolyEthylene* (HDPE) pada Tahap II

Pada Gambar 4.7 menunjukkan bahwa proses produksi HDPE belum terkontrol dalam variabilitasnya. Hal tersebut dapat dilihat bahwa terdapat satu titik yang keluar dari Batas Pengendali Atas (BPA), yaitu pengamatan ke-16. Diduga pengamatan ke-16 merupakan *outlier*, sedangkan pengamatan yang lain sudah terkontrol, maka keragaman pada Tahap II dapat dikatakan telah stabil tanpa memperhatikan pengamatan ke-16, sehingga dapat disimpulkan bahwa proses produksi HDPE bulan Maret dan April 2013 tidak terjadi pergeseran dalam variabilitasnya.

Penyebab dari pengamatan yang tidak terkontrol dan merupakan *outlier* tersebut disebabkan karena adanya ketidaksesuaian pada pengontrolan Tahap I, yaitu kurangnya ketelitian karyawan dalam melakukan pengukuran panjang *roll* HDPE. Selain itu, faktor mesin juga mempengaruhi panjang HDPE, yaitu pengaturan mesin dan suhu mesin yang berubah-ubah akibat pergantian operator mesin tiap *shift*. Oleh karena itu, berdasarkan hal tersebut perlu adanya tindak lanjut dari perusahaan yang harus segera diselesaikan, supaya proses produksi HDPE menjadi lebih stabil baik dalam *mean* dan variabilitasnya.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan dari analisis dan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Proses produksi HDPE pada Tahap I, yaitu proses produksi bulan Maret 2013 dikatakan tidak stabil atau tidak terkontrol dalam *mean* proses maupun variabilitas prosesnya.
2. Penyebab utama proses produksi yang tidak terkontrol adalah variabel panjang *roll* HDPE. Sedangkan faktor-faktor pendukungnya adalah faktor *measuremen* (pengukuran) disebabkan oleh ketepatan alat ukur yang tidak sesuai. Faktor *material* (bahan) antara lain disebabkan oleh komposisi bahan baku dan jenis bahan baku yang kurang baik. Faktor *man* (manusia) disebabkan oleh pergantian *shift* dengan sistem kejar target, karyawan kurang teliti dalam bekerja, serta tenaga ahli sedikit sehingga pengawasan tidak maksimal. Faktor *environment* (lingkungan) disebabkan oleh ruangan kerja sempit dan suhu ruangan panas, lingkungan kerja yang ramai dan bising, serta terjadinya pemadaman listrik bergilir. Faktor *methods* (metode) adalah prosedur pengontrolan dan pengawasan proses produksi kurang jelas. Faktor *machines* (mesin) disebabkan oleh jumlah mesin yang sedikit serta pengaturan dan suhu mesin *Des* yang tidak konsisten.
3. Proses produksi HDPE pada Tahap II, yaitu proses produksi bulan April 2013 dikatakan telah stabil atau terkontrol dalam *mean* prosesnya, dan belum stabil atau belum terkontrol dalam variabilitas prosesnya. Tetapi proses produksi bulan April-Maret 2013 tidak terjadi pergeseran dalam variabilitasnya, sehingga dapat dikatakan stabil.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariani, D., 2004. Pengendalian Kualitas Statistik “Pendekatan Kuantitatif dalam Manajemen Kualitas”. Andi Offset : Yogyakarta.
- [2] CV. Garuda Plastik, 2013. Rekapitulasi Laporan Harian “Hasil Pemakaian Bahan Baku, Hasil Jadi dan Afal Mesin Produksi Plastik HD”. Garuda Plastik : Karangawen.
- [3] Djauhari, M. A., 2005. Improved Monitoring of Multivariate Process Variability. *Journal of Quality Technology*. Vol.37, No.1, p.32-39.
- [4] Johnson, R. A., dan Wichern, D. W., 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis 6th edition*. Pearson Education Inc, United States of America.
- [5] Montgomery, D. C., 1990. *Introduction to Statistical Quality Control 4th edition*. John Wiley and Sons Inc, New York.
- [6] Morrison, D. F., 1990. *Multivariate Statistical Methods Third Edition*. Mc Graw Hill Inc, USA.