

**PENGONTROLAN KUALITAS PROSES PRODUKSI ROKOK
SIGARET KRETEK TANGAN SEBUAH PERUSAHAAN ROKOK DI SURABAYA
MENGUNAKAN DIAGRAM KONTROL MULTIVARIAT *np* (*Mnp*)**

¹Wenny Rakhmania, ²Dr. Muhammad Mashuri, MT

¹Mahasiswa Jurusan Statistika FMIPA-ITS (1306100032)

²Dosen Jurusan Statistika FMIPA-ITS

¹wenny_rakhmania@yahoo.com, ²m_mashuri@statistika.its.ac.id

Abstrak

Persaingan yang semakin ketat di bidang industri menyebabkan perusahaan berlomba untuk meningkatkan kualitas produksinya agar menghasilkan produk yang berkualitas tinggi. Begitu pula dengan industri rokok yang banyak terdapat di Indonesia. Salah satu perusahaan rokok besar di Indonesia terdapat di Surabaya. Perusahaan tersebut mengutamakan kualitas dalam produksinya. Sebelum produk berada di lapangan, maka dilakukan pengendalian kualitas untuk setiap produknya. Namun pengendalian kualitas yang dilakukan oleh perusahaan tersebut masih sederhana. Maka dalam penelitian ini akan diterapkan pengendalian kualitas secara statistik yang lebih sesuai dengan mengambil kasus pada proses produksi rokok yang dihasilkan oleh unit Sigaret Kretek Tangan. Untuk mengontrol proses produksi digunakan diagram kontrol Multivariat np. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa pengontrolan proses produksi rokok pada fase I sudah terkendali secara statistik. Namun pada pengontrolan proses produksi fase II belum bisa dikatakan stabil karena ada beberapa titik yang out-of-control.

Kata-kata kunci : Diagram Kontrol Multivariat np, out-of-control.

1. Pendahuluan

Perkembangan pasar global menyebabkan persaingan di bidang industri semakin ketat. Berbagai macam industri berusaha mencapai posisi teratas dalam dunia perekonomian dengan jalan mengendalikan atau bahkan meningkatkan kualitas produksinya. Mereka berupaya menghasilkan produk yang berkualitas tinggi dalam proses produksinya baik itu berdasarkan standar yang ditetapkan oleh perusahaan maupun berdasarkan keinginan konsumen. Industri yang cukup dilematis dan sering mendapatkan perhatian dari publik di Indonesia adalah industri rokok (Wibowo, 2003). Di satu sisi industri ini diharapkan menjadi salah satu sumber pembiayaan bagi pemerintah karena cukai rokok diakui mempunyai peranan penting dalam penerimaan negara. Namun di sisi lainnya dikampanyekan untuk dihindari karena alasan kesehatan. Peranan industri rokok dalam perekonomian Indonesia saat ini terlihat semakin besar, selain sebagai motor penggerak ekonomi juga menyerap banyak tenaga kerja.

Salah satu perusahaan rokok yang cukup besar di Indonesia terdapat di Surabaya. Produknya tersebar di seluruh pelosok Indonesia. Selain menghasilkan rokok kretek biasa yang diproduksi oleh SKT (Sigaret Kretek Tangan) perusahaan ini juga menghasilkan rokok kretek berfilter yang diproduksi oleh SKM (Sigaret Kretek Mesin). Perusahaan telah mempunyai sistem pengendalian kualitas yang secara terus menerus dilakukan terhadap produk yang dihasilkannya agar menghasilkan produk yang berkualitas tinggi yang sesuai standar dan memuaskan konsumen. Pengendalian kualitas dilakukan mulai dari penerimaan bahan mentah sampai produk jadi. Sebelum produk dipasarkan, perusahaan melakukan pengendalian kualitas agar produknya memiliki nilai jual yang tinggi. Namun, pengendalian kualitas yang dilakukan oleh perusahaan masih sangat sederhana dan belum cukup informatif dalam memberikan informasi terhadap proses produksi rokok selama ini. Pada suatu proses produksi adanya produk yang rusak atau cacat tidak dapat dihindari. Kualitas yang baik tidak hanya ditetapkan oleh satu karakteristik kualitas saja, melainkan ada beberapa. Dalam suatu produk dapat ditemukan satu atau lebih jenis dan jumlah barang yang rusak. Pada perusahaan ini, produk yang sesuai (*conforming*) adalah produk yang bebas dari berbagai macam parameter (atribut) cacat. Oleh karena itu, kasus proses produksi rokok pada perusahaan ini adalah proses produksi multi-atribut.

Berbagai macam penelitian mengenai pengendalian kualitas multi-atribut telah dilakukan akhir-akhir ini. Niaki dan Abbasi (2006) melakukan penelitian pada suatu proses produksi yang multi-atribut pada kualitas yang tinggi, dimana pengukuran berdasarkan jumlah produk yang sesuai (*conforming*) karena pada proses ini jumlah unit yang tidak sesuai (*nonconforming*) sangat kecil sekali atau hampir mendekati *zero defects*. Dalam penelitiannya yang lain, Niaki dan Abbasi (2006) menggunakan pendekatan metode Bootstrap untuk merancang diagram kontrol multi-atribut, metode ini cocok digunakan apabila ukuran sampel yang diambil kecil ($n < 30$). Penelitian dengan menggunakan Multivariat *np chart* pernah dilakukan sebelumnya oleh Mawarini (2009) tentang proses produksi panel listrik pada salah satu perusahaan panel listrik terkemuka di dunia, dimana pengendalian kualitasnya bergantung pada lebih dari satu atribut dan metode yang sesuai adalah Multivariat *np chart* (*Mnp*).

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai pengontrolan dan stabilitas dari proses produksi rokok untuk bagian SKT (Sigaret Kretek Tangan) dikarenakan masih ditemukan beberapa cacat pada proses produksinya serta mencari variabel mana yang menjadi penyebab dalam mempengaruhi proses tidak terkendali. Penelitian untuk kasus proses produksi yang multi-atribut masih jarang ditemui sehingga diagram kontrol atribut multivariat masih jarang sekali metode yang digunakan. Oleh karena itu pada penelitian kali ini akan diterapkan sebuah metode yang sesuai dengan kasus proses produksi pada perusahaan rokok tersebut yaitu dengan diagram kontrol Multivariat *np* (*Mnp*) yang merupakan pengembangan dari diagram kontrol *Shewart* berdasarkan Statistik X. Lu (1998) menyatakan diagram kontrol *Mnp* meningkatkan efisiensi dalam mengidentifikasi *Assignable Cause* yang kritis ketika muncul sinyal *out-of-control*. Penggunaan diagram kontrol yang *univariate* kurang sesuai untuk kasus ini karena kurang sensitif dalam menganalisis data. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui proses pengontrolan dan stabilitas produksi dari proses produksi rokok unit Sigaret kretek Tangan di perusahaan tersebut.

2. Diagram Kontrol Multivariat *np*

Diagram kontrol Multivariat *np* (*Mnp Chart*) merupakan pengembangan dari diagram kontrol *np* untuk univariat atribut. Dengan *Mnp Chart* dapat memberikan proses pengendalian yang lebih sensitif daripada pengendalian dengan univariat *np* pada proses produksi yang multi-atribut. (Lu, 1998)

Pada proses yang diamati, diasumsikan $i = 1, 2, \dots, m$ adalah karakteristik kualitas, p_i merupakan probabilitas sebuah item cacat (*nonconforming*) pada suatu karakteristik kualitas i . Karakteristik-karakteristik kualitas tersebut mungkin tidak independen sehingga dinyatakan koefisien korelasi antara karakteristik i dan karakteristik j yaitu δ_{ij} . Dengan catatan :

$$\begin{cases} \delta_{ij} = \delta_{ji} \\ |\delta_{ij}| \leq 1 \\ \delta_{ij} = 1, i = j \end{cases} \quad (1)$$

Terdapat beberapa notasi vektor dan matrik dalam perhitungan awal untuk *Mnp chart* yaitu, $\mathbf{p} = (p_1, p_2, \dots, p_m)$ adalah vektor proporsi cacat, $\mathbf{\Sigma} = [\delta_{ij}]_{m \times m}$ adalah matrik koefisien korelasi dan $\mathbf{c} = (c_1, c_2, \dots, c_m)$ adalah vektor dari jumlah unit cacat (*non-comforming*) dimana c_i adalah jumlah unit cacat (*nonconforming*) dalam karakteristik kualitas i dalam tiap sampel. Dari perhitungan tersebut diperoleh Statistik X yang merupakan jumlahan pembobot dari unit yang cacat dari semua karakteristik kualitas dalam sampel. (Lu, 1998)

$$X = \sum_{i=1}^m \frac{c_i}{\sqrt{\bar{p}_i}} \quad (2)$$

Dimana c_i merupakan banyaknya cacat tiap karakteristik kualitas ke- i dan \bar{p}_i merupakan rata-rata proporsi cacat pada karakteristik kualitas ke- i . Apabila terdapat pengamatan sebanyak $j=1, 2, \dots, k$ maka nilai Statistik X pada tiap pengamatan ke- j adalah :

$$X_j = \sum_{i=1}^m \frac{c_{ji}}{\sqrt{\bar{p}_i}}, \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (3)$$

Dimana X_j merupakan nilai statistik X pada pengamatan ke- j , c_{ji} merupakan banyaknya cacat pada pengamatan ke- j karakteristik kualitas ke- i dan \bar{p}_i merupakan rata-rata proporsi cacat pada karakteristik kualitas ke- i . Alasan dalam memilih $\frac{1}{\sqrt{\bar{p}_i}}$ sebagai bobot dari karakteristik kualitas i untuk Statistik X adalah:

1. Tidak seperti diagram kontrol tipe T^2 -hotelling untuk proses multivariat variabel, statistik X dan Mnp chart adalah kelanjutan dari diagram univariat np .
2. Nilai harapan dari statistik X , $E(X) = n \sum_{i=1}^m \sqrt{\bar{p}_i}$ juga merupakan penambahan fungsi p_i yang direlasikan terhadap *internal properties* dari proses yang diamati dan disetujui dengan definisinya sebagai pembobot jumlah cacat per unit untuk semua karakteristik kualitas.

3. Estimasi Parameter Model

Ketika proporsi cacat vektor \mathbf{p} dan matrik korelasi $\mathbf{\Sigma}$ tidak diketahui, maka harus diestimasi dari data pengamatan. Langkah-langkah untuk menaksir parameter adalah sebagai berikut. (Lu, 1998)

1. Mengambil sebanyak k sampel pendahuluan dengan ukuran tiap sampel sebesar n . Pada umumnya aturan dalam *Statistical Process Control* (SPC), k bisa berukuran ± 25
2. Menentukan c_{ij} sebagai cacat karakteristik kualitas i pada sampel j , dimana $i = 1, \dots, m$ dan $j = 1, \dots, k$. Vektor proporsi cacat dari sampel j , \mathbf{p}_j , diestimasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{p}}_j &= \left(\frac{c_{j1}}{n}, \frac{c_{j2}}{n}, \dots, \frac{c_{jm}}{n} \right) \\ &= (\hat{p}_{j1}, \hat{p}_{j2}, \dots, \hat{p}_{jm}) \quad j = 1, 2, \dots, k \end{aligned} \quad (4)$$

dengan $\hat{\mathbf{p}}_j$ adalah taksiran vektor proporsi cacat, c_{1j} adalah banyaknya cacat pada variabel 1 pengamatan ke- j dan n adalah banyaknya sampel tiap pengamatan ke- j .

Vektor rata-rata proporsi cacat \mathbf{p} diestimasi dengan. (Lu, 1998)

$$\begin{aligned} \hat{\bar{\mathbf{p}}} &= \frac{\sum_{j=1}^k \hat{\mathbf{p}}_j}{k} = \left(\frac{\sum_{j=1}^k c_{j1}}{nk}, \frac{\sum_{j=1}^k c_{j2}}{nk}, \dots, \frac{\sum_{j=1}^k c_{jm}}{nk} \right) \\ &= (\hat{\bar{p}}_1, \hat{\bar{p}}_2, \dots, \hat{\bar{p}}_m) \end{aligned} \quad (5)$$

Sedangkan untuk estimasi dari matrik korelasi $\mathbf{\Sigma}$ adalah : (Lu, 1998)

$$\hat{\mathbf{\Sigma}} = [\hat{\delta}_{ij}]_{m \times m} \quad (6)$$

dimana

$$\begin{aligned} \hat{\delta}_{ij} &= \frac{cov(c_i, c_j)}{\sqrt{var(c_i)var(c_j)}} \\ &= \frac{4 \sum_{h=1}^k \left[c_{ih} - \frac{\sum_{h=1}^k c_{ih}}{k} \right] \left[c_{jh} - \frac{\sum_{h=1}^k c_{jh}}{k} \right]}{\sqrt{\left[\sum_{h=1}^k \left(c_{ih} - \frac{\sum_{h=1}^k c_{ih}}{k} \right)^2 \right] \left[\sum_{h=1}^k \left(c_{jh} - \frac{\sum_{h=1}^k c_{jh}}{k} \right)^2 \right]}} \end{aligned} \quad (7)$$

Setelah diperoleh nilai-nilai taksiran vektor rata-rata proporsi cacat $\hat{\bar{\mathbf{p}}}$ dan taksiran matrik korelasi $\hat{\mathbf{\Sigma}}$, maka dapat diperoleh nilai-nilai statistik X pada rumus (2). Diasumsikan bahwa c_i berdistribusi Binomial dan Statistik X dalam Multivariat np chart diasumsikan berdistribusi Normal, maka taksiran mean dan varian dari Statistik X dapat diperoleh sebagai berikut. (Lu, 1998)

Mean dari uji Statistik X pada rumus (2) adalah

$$E(X) = E \left(\sum_{i=1}^m \frac{c_i}{\sqrt{\bar{p}_i}} \right) = \frac{\sum_{i=1}^m E(c_i)}{\sqrt{\bar{p}_i}} = \frac{\sum_{i=1}^m n \bar{p}_i}{\sqrt{\bar{p}_i}} = n \sum_{i=1}^m \sqrt{\bar{p}_i} \quad (8)$$

dimana c_i merupakan banyaknya cacat tiap variabel ke- i dan \bar{p}_i merupakan rata-rata proporsi cacat pada variabel ke- i dengan n adalah banyaknya sampel tiap pengamatan ke- j .

Sedangkan varian dari uji statistik X pada rumus (2) adalah

$$\begin{aligned}
 Var(X) &= Var\left(\sum_{i=1}^m \frac{c_i}{\sqrt{\bar{p}_i}}\right) \\
 &= \sum_{i=1}^m \frac{Var(c_i)}{\bar{p}_i} + 2 \sum_{i < j} \hat{\delta}_{ij} \frac{\sqrt{Var(c_i)Var(c_j)}}{\sqrt{\bar{p}_i\bar{p}_j}} \\
 &= \sum_{i=1}^m \frac{n\bar{p}_i(1-\bar{p}_i)}{(\sqrt{\bar{p}_i})^2} + 2 \sum_{i < j} \frac{\hat{\delta}_{ij} \sqrt{n\bar{p}_i(1-\bar{p}_i)n\bar{p}_j(1-\bar{p}_j)}}{\sqrt{\bar{p}_i\bar{p}_j}} \\
 &= n \left\{ \sum_{i=1}^m (1-\bar{p}_i) + 2 \sum_{i < j} \hat{\delta}_{ij} \sqrt{(1-\bar{p}_i)(1-\bar{p}_j)} \right\} \tag{9}
 \end{aligned}$$

4. Menentukan Batas Kontrol

Dengan menggunakan prinsip diagram kontrol Shewhart pada umumnya, didapatkan batas kontrol untuk diagram Shewhart tipe Mnp . Jika w adalah statistik yang mengukur karakteristik kualitas dan jika mean dari w adalah μ_w dan varians dari w adalah σ_w^2 , maka model umum untuk diagram kontrol Shewhart adalah : (Lu, 1998)

$$\begin{aligned}
 BKA &= \mu_w + k\sigma_w \\
 \text{Garis Tengah} &= \mu_w \\
 BKB &= \mu_w - k\sigma_w
 \end{aligned} \tag{10}$$

Dimana k adalah jarak batas kontrol dengan garis tengah, yang dikalikan dengan standar deviasi w . Lu (1998) menggunakan $k=3$ dan $\alpha = 0.0027$. Setelah diketahui estimasi dari vektor rata-rata proporsi cacat \mathbf{p} adalah vektor $\hat{\mathbf{p}}_i$ dan estimasi matrik korelasi $\hat{\Sigma}$, maka garis tengah dan batas kontrol untuk diagram Mnp adalah

$$\begin{aligned}
 BKA &= n \sum_{i=1}^m \sqrt{\hat{p}_i} + 3 \sqrt{n \left\{ \sum_{i=1}^m (1-\hat{p}_i) + 2 \sum_{i < j} \hat{\delta}_{ij} \sqrt{(1-\hat{p}_i)(1-\hat{p}_j)} \right\}} \\
 \text{Garis Tengah} &= n \sum_{i=1}^m \sqrt{\hat{p}_i} \\
 BKB &= n \sum_{i=1}^m \sqrt{\hat{p}_i} - 3 \sqrt{n \left\{ \sum_{i=1}^m (1-\hat{p}_i) + 2 \sum_{i < j} \hat{\delta}_{ij} \sqrt{(1-\hat{p}_i)(1-\hat{p}_j)} \right\}}
 \end{aligned} \tag{11}$$

Batas kontrol yang diperoleh di atas sebagai batas kontrol percobaan. Untuk uji hipotesis, Statistik X diplot dari setiap sampel dalam Mnp chart. Jika semua titik berada dalam batas kontrol maka dapat disimpulkan bahwa proses atribut multivariat dalam keadaan terkontrol dan batas kontrol percobaan pantas untuk digunakan dalam pengendalian produksi kedepan.

Terdapat kemungkinan bahwa satu atau lebih titik keluar dari batas kontrol. Jika batas kontrol pada produksi kedepan menjadi berarti, maka harus didasarkan pada data dari proses yang terkontrol. Oleh karena itu, ketika hipotesis kontrol yang lalu ditolak maka batas kontrol percobaan harus ditinjau kembali. Hal ini dilakukan dengan menguji setiap titik yang keluar batas kontrol dan mencari penyebabnya. Jika penyebab telah ditemukan, maka titik tersebut di buang dan menghitung kembali batas kontrol yang baru hanya menggunakan titik-titik sisanya. Titik sisanya ini kemudian diuji

kembali. Proses ini berlanjut sampai semua titik berada dalam batas kontrol, maka batas kontrol dapat digunakan sebagai standart untuk proses selanjutnya.

5. Identifikasi Sinyal *Out-of-control*

Bagian tersulit dalam aplikasi diagram kontrol multivariat adalah menginterpretasi sinyal *out-of-control*. Sebagai contoh, jika diagram multivariat menunjukkan sinyal *out-of-control* dari dua atau lebih variabel yang berkorelasi, diagram kontrol univariat pada variabel yang terpisah mungkin tidak menunjukkan sinyal tersebut dan akan sulit mencari penyebab dari sinyal tersebut. *Mnp chart* pada proses yang multi-atribut tidak berdasarkan T^2 -hotelling pada umumnya. Dalam hal ini, Statistik X yang merupakan jumlahan pembobot dari unit yang cacat dari semua karakteristik kualitas digunakan. Bobot dari karakteristik kualitas i merupakan fungsi kebalikan dari proporsi cacat dari karakteristik kualitas i . Statistik yang digunakan dalam menginterpretasikan sinyal *out-of-control* dalam *Mnp chart* adalah : Lu (1998)

$$Z_i = \frac{[c_i - n\bar{p}_i]}{\sqrt{\bar{p}_i}} \quad (12)$$

dimana :

Z_i = skor statistik

c_i = jumlah cacat pada karakteristik kualitas i

\bar{p}_i = rata-rata proporsi cacat pada karakteristik kualitas i

Jika terlihat sinyal *out-of-control*, maka dihitung masing-masing skor untuk tiap karakteristik kualitas. Apabila diasumsikan Z_l dan Z_m memberikan skor terkecil dan skor terbesar, apabila Statistik X berada di atas batas kendali atas, maka Z_m memberikan skor positif terbesar dan karakteristik kualitas m diyakini sebagai kontributor terkritis pada proses kerusakan yang paling tinggi. Sebaliknya, apabila Statistik X berada di bawah batas kendali bawah, maka Z_l memberikan skor negative terkecil dan karakteristik kualitas l diyakini sebagai kontributor terkritis pada proses kerusakan yang paling rendah.

6. Proses Produksi Rokok Tahap *Secondary*

Proses produksi rokok pada perusahaan ini melewati dua tahapan yaitu tahap *Primary* yang merupakan suatu tahap produksi yang mengolah bahan mentah (*raw material*) tembakau dan cengkeh menjadi bahan setengah jadi berupa campuran rajangan dengan ukuran tertentu yang disebut bancuran dan tahap *Secondary* untuk mengolah bahan setengah jadi menjadi produk rokok. Proses produksi pada unit Sigaret Kretek Tangan merupakan tahapan *Secondary*. Berikut proses-proses yang terjadi dalam tahapan ini :

- a. Proses *Making* atau Pembuatan
Pada tahapan proses making bahan campuran tembakau, *clove*, dan saos yang diolah menjadi bancuran akan diproses menjadi batangan rokok yang siap pakai atau finish good.
- b. Proses *Packing*
Pada tahapan proses packing batangan rokok yang memenuhi standart kualitas dikemas menjadi kemasan per-bungkus dengan jumlah satuan tertentu.
- c. Proses *Stamping*
Proses stamping merupakan proses penempelan brandol rokok pada pack rokok dengan menggunakan mesin stamp
- d. Proses *Wrapping*
Tahapan wrapping merupakan tahapan proses pembungkusan pack dengan OPP Film dengan mesin TAM.
- e. Proses *Sloft* dan *Wrapping Sloft*
Merupaka suatu tahapan pengaturan pack kecil ke dalam dos sloft dengan jumlah tertentu sesuai dengan spesifikasi produk. Ukuran untuk satu dos sloft berisi 20 pack, sebagai kelanjutan dilakukan wrapping sloft yaitu pembungkusan dengan OPP film untuk menjaga kualitas aroma dan taste.
- f. Proses *Ball* dan Penempelan Logo
Yaitu proses dimana dos-dos sloft yang sudah terbungkus dikemas dalam ball dan dimasukkan ke box dengan jumlah tertentu. Box-box yang telah terisi kemudian ditemplei logo.

7. Metodologi Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dari departemen *Quality Control* perusahaan berupa data hasil produksi rokok batangan oleh bagian SKT dan dibatasi pada kualitas mutu fisik (atribut) pada saat rokok berupa batangan (tahap batangan). Pengambilan data dilakukan selama bulan Februari – Maret 2010 selama terjadi proses produksi rokok. Pengambilan sampel dilakukan setiap 30 menit sekali dengan memilih 1 grup secara acak dari 16 grup dimana setiap grup terdiri dari 36 pekerja dan dari 1 grup tersebut diambil 50 batang per 5 orang secara acak.

Variabel dalam penelitian ini ada 18 variabel antara lain Rokok Keras (D_1), Rokok Pedot (D_2), Rokok Gembos (D_3), Lem Ambri Tengah (D_4), Lem Ambri Ujung (D_5), Ambri Sobek (D_6), Tidak Nyetrip (D_7), Mluntir/ Deteng (D_8), Kusut (D_9), Bolong (D_{10}), Guntingan (D_{11}), Vlek Bahan (D_{12}), Vlek Pekerja (D_{13}), Korep (D_{14}), Besar Pen (D_{15}), Besar kepala (D_{16}), Kecil Pen (D_{17}), Kecil Kepala (D_{18}).

Organisasi data selama satu periode proses produksi rokok batangan pada diagram kontrol Multivariat np (Mnp) terlihat pada tabel 1 berikut :

Tabel 1 Organisasi data diagram kontrol Multivariat np

Sampel (j)	Karakteristik kualitas atribut (i)						Statistik X_j
	1	2	...	i	...	m	
1	c_{11}	c_{12}	...	c_{1i}	...	c_{1m}	X_1
2	c_{21}	c_{22}	...	c_{2i}	...	c_{2m}	X_2
.
j	c_{j1}	c_{j2}	...	c_{ji}	...	c_{jm}	X_j
.
k	c_{k1}	c_{k2}	...	c_{ki}	...	c_{km}	X_k
	\bar{p}_1	\bar{p}_2	...	\bar{p}_i	...	\bar{p}_m	

dengan :

j = banyaknya sampel ; $j = 1, 2, \dots, k$

i = karakteristik kualitas ; $i = 1, 2, \dots, m$

c_{ji} = banyaknya cacat pada sampel ke- j karakteristik kualitas ke- i

\bar{p}_i = rata-rata proporsi cacat tiap karakteristik kualitas i , dimana $\bar{p}_i = \frac{\sum_{j=1}^k c_{ji}}{nk}$, n merupakan banyaknya sampel tiap pengamatan ke- j

X_j = nilai Statistik X tiap pengamatan ke- j dimana

$$X_j = \sum_{i=1}^m \frac{c_{ji}}{\sqrt{\bar{p}_i}} ; j = 1, 2, \dots, k$$

Sedangkan langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Melakukan studi literatur untuk mendukung pelaksanaan penelitian dan studi lapangan pada perusahaan untuk mengetahui kondisi data yang akan dianalisis.
2. Mengumpulkan data proses produksi rokok batangan unit SKT tentang kontrol mutu fisik (pengecekan terhadap produk yang cacat) selama bulan Februari sampai Maret. Kemudian membagi data menjadi dua fase. Data periode bulan Februari digunakan untuk fase I, sedangkan data periode bulan Maret digunakan untuk fase II
3. Melakukan analisis dengan membuat diagram pareto untuk mengetahui variabel-variabel apa saja yang akan digunakan dalam penelitian.
4. Melakukan analisis proses produksi multi-atribut dengan Mnp chart. Langkah-langkah yang dilakukan pada fase I adalah sebagai berikut:
 - a. Mencari korelasi antar variabel penelitian
 - b. Mengestimasi parameter model untuk menemukan nilai-nilai yang akan digunakan dalam penentuan batas kontrol
 - c. Membuat batas-batas kontrol

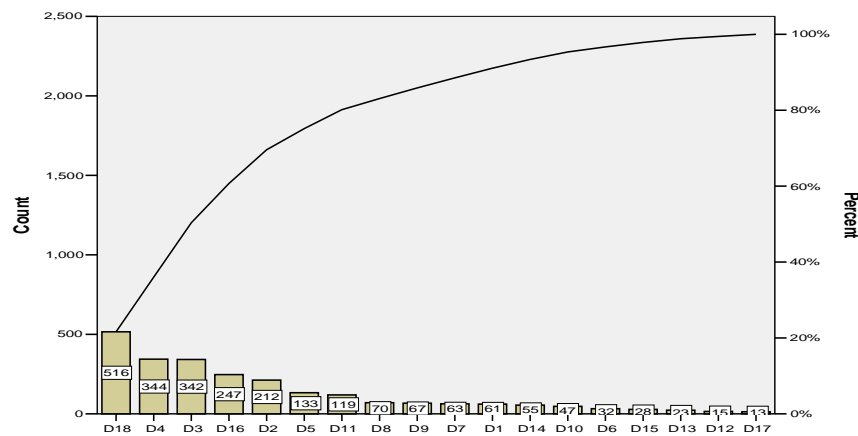
Jika proses pada fase I ini ada titik yang *out of control* maka dilakukan identifikasi penyebab terjadinya *out of control* tersebut, kemudian jika diketahui penyebabnya maka titik tersebut dibuang dan dihitung kembali nilai-nilai koefisien korelasi dan estimasi parameter yang baru

- untuk memperoleh batas kontrol yang baru. Pembuangan data ini dilakukan hingga didapatkan proses dalam keadaan terkontrol. Jika pada fase I sudah dalam keadaan terkontrol maka batas-batas kontrol dan nilai parameter pada fase I dapat digunakan untuk data fase II yaitu menguji proses selanjutnya apakah sudah dalam keadaan stabil atau belum.
- Melakukan analisis apabila terdapat sinyal *out-of-control* pada proses produksi untuk mengetahui variabel mana yang berpengaruh paling besar.

8. Analisis Data dan Pembahasan

Pada bab ini akan dibahas mengenai penyelesaian permasalahan dan menjawab tujuan penelitian. Sebelum menentukan variabel mana yang memberikan kontribusi terbesar dalam proses produksi yang *out-of-control*, maka terlebih dahulu melakukan analisis pengontrolan kualitas proses produksi rokok unit SKT dengan metode diagram kontrol *Mnp* yang terbagi ke dalam fase I dan fase II. Pada fase I, langkah-langkah yang dilakukan adalah mencari nilai koefisien korelasi antar variabel, menaksir parameter, mencari nilai statistik \bar{X} , dan membuat batas-batas kontrol. Apabila pada fase I proses sudah terkontrol, maka batas kontrol dan parameter pada fase I dapat digunakan sebagai batas kontrol dan parameter pada fase II.

Untuk melihat jenis cacat yang sering muncul selama proses produksi berdasarkan data cacat selama bulan Februari, dapat dilihat pada diagram pareto di bawah ini.



Gambar 1 Diagram Pareto Karakteristik Kualitas Proses Produksi Rokok

Gambar 1 menunjukkan bahwa jenis cacat yang sering terjadi selama proses produksi adalah variabel kecil kepala (D_{18}) sebanyak 516 atau 22%, kemudian variabel gembos (D_3) sebanyak 346 atau 14%, variabel lem ambri tengah (D_4) sebanyak 345 atau 14%, variabel besar kepala (D_{16}) sebanyak 247 atau 10%, variabel pedot (D_2) sebanyak 212 atau 9% dan seterusnya. Dari 18 jenis cacat tersebut, hanya beberapa cacat yang sering muncul selama proses produksi, yaitu kecil kepala (D_{18}), gembos (D_3), lem ambri tengah (D_4), besar kepala (D_{16}), pedot (D_2), lem ambri ujung (D_5), dan guntingan (D_{11}). Dari tujuh jenis cacat tersebut memberikan persentase kumulatif cacat sebesar 80%. Hal ini harus diperhatikan oleh perusahaan dan menjadi fokus selama proses produksi ke depannya agar dapat mengurangi jumlah cacat yang terjadi. Berdasarkan diagram pareto di atas, terdapat cacat pada semua karakteristik kualitas, sehingga untuk analisis selanjutnya jumlah karakteristik kualitas yang digunakan adalah sebanyak 18 karakteristik kualitas.

a. Pengontrolan Proses Produksi pada Fase I

Langkah pertama dalam pengontrolan proses produksi fase I adalah menghitung nilai koefisien korelasi dari 18 variabel. Koefisien korelasi antar variabel digunakan untuk mengetahui seberapa besar hubungan atau keterkaitan antar masing-masing variabel. Berdasarkan rumus (7) dan data cacat selama bulan Februari, didapatkan nilai koefisien korelasi yang sangat kecil antara variabel 1 dengan yang lainnya dan ada beberapa yang tidak signifikan terhadap taraf signifikan 5%. Akan tetapi dalam kondisi nyata, 18 variabel ini mempengaruhi satu sama lain. Sehingga asumsi adanya korelasi antar variabel dapat diasumsikan terpenuhi dan dapat dilanjutkan ke analisis selanjutnya.

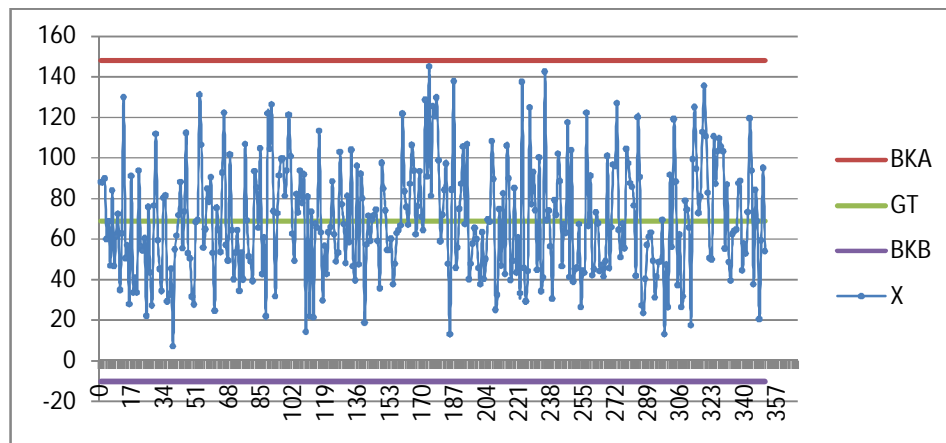
Setelah didapatkan nilai koefisien korelasi maka selanjutnya adalah menaksir parameter. Berdasarkan rumus (5) dan data jumlah cacat selama bulan Februari didapatkan nilai-nilai parameter \bar{p}_i sebagai berikut :

Tabel 2 Nilai taksiran rata-rata proporsi \bar{p}_i

\bar{p}_i	Nilai
\bar{p}_1	0.0035
\bar{p}_2	0.0121
\bar{p}_3	0.0197
\bar{p}_4	0.0197
\bar{p}_5	0.0076
\bar{p}_6	0.0018
\bar{p}_7	0.0036
\bar{p}_8	0.0040
\bar{p}_9	0.0038
\bar{p}_{10}	0.0027
\bar{p}_{11}	0.0069
\bar{p}_{12}	0.0009
\bar{p}_{13}	0.0013
\bar{p}_{14}	0.0032
\bar{p}_{15}	0.0016
\bar{p}_{16}	0.0141
\bar{p}_{17}	0.0007
\bar{p}_{18}	0.0294

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai taksiran \bar{p}_i yang paling besar adalah variabel D_{18} yaitu kecil kepala (0.0294), variabel D_3 yaitu gembos (0.0197), variabel D_4 yaitu lem ambri tengah (0.0197), variabel D_{16} yaitu besar kepala (0.0141) dan variabel D_2 yaitu pedot (0.0121). Hal ini menunjukkan bahwa yang paling sering terjadi cacat adalah di variabel D_{18} , D_3 , D_4 , D_{16} dan variabel D_2 . Jenis cacat yang sering muncul ini sama dengan yang ditunjukkan oleh diagram pareto pada pembahasan sebelumnya.

Setelah diperoleh nilai koefisien korelasi dan taksiran parameter \bar{p}_i , maka selanjutnya adalah menghitung batas-batas kontrol untuk diagram kontrol Mnp dan menghitung statistik X berdasarkan rumus (3) menggunakan data cacat pada bulan Februari untuk tiap pengamatan. Pada fase I data yang digunakan sebanyak 351 sampel dengan ukuran sampel sebesar $n=50$. Dengan menggunakan rumus (11), maka diperoleh nilai batas kontrol atas (BKA) = 148.2034, garis tengah (GT) = 68.9196, dan batas kendali bawah (BKB) = -10.3642. Sehingga plot antara statistik X dengan batas kontrolnya adalah :

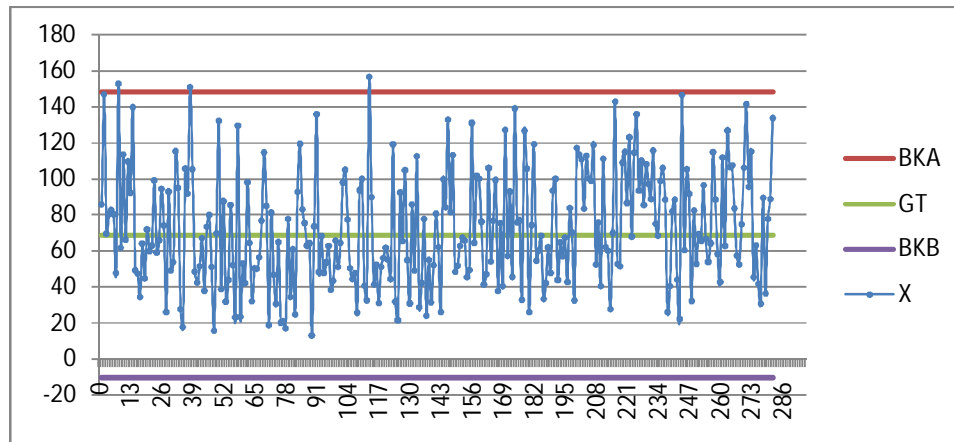


Gambar 2 Diagram Kontrol Mnp fase I pada Proses Produksi Rokok

Dari diagram kontrol fase I terlihat bahwa ada satu titik yang mendekati batas kontrol atas namun tidak sampai keluar batas karena nilai statistik X-nya masih di bawah nilai BKA, sehingga dapat diambil kesimpulan semua titik pengamatan berada dalam batas kontrol dan data tidak membentuk suatu pola atau trend tertentu. Maka proses produksi rokok pada fase I dapat dikatakan *in-control*. Karena proses produksi pada fase I ini sudah dalam keadaan *in-control*, maka batas-batas kontrol dan parameter pada fase I dapat digunakan untuk proses selanjutnya yaitu proses produksi fase II yang bertujuan untuk melihat apakah proses sudah dalam keadaan stabil atau belum.

b. Pengontrolan Proses Produksi pada Fase I

Pada analisis pengontrolan proses produksi untuk fase II menggunakan data pada bulan Maret sebanyak 282 pengamatan dengan jumlah ukuran sampel yang sama yaitu $n=50$. Dengan menggunakan parameter dan batas-batas kontrol pada fase I yang sudah terkendali yaitu $BKA = 148.2034$, garis tengah = 68.9196 , dan $BKB = -10.3642$ dan setelah menghitung nilai statistik X berdasarkan rumus (3) untuk fase II, maka diagram kontrol Mnp untuk proses produksi pada fase II adalah



Gambar 3 Diagram Kontrol Mnp fase II pada Proses Produksi Rokok

Dari gambar terlihat bahwa proses produksi rokok cenderung tidak membentuk pola tertentu namun terdapat beberapa titik pengamatan yang keluar dari batas kontrol. Titik yang *out-of-control* tersebut merupakan pengamatan ke-8, ke-38, dan ke-113. Berikut adalah tabel nilai statistik dari masing-masing pengamatan yang *out-of-control*.

Tabel 3 Nilai statistik X yang *out-of-control*

pengamatan	Statistik X
8	152.6909
38	150.9014
113	156.4327

Tabel 3 di atas memperlihatkan bahwa titik-titik yang *out-of-control* nilainya di atas BKA yaitu 148.2034. Oleh karena itu proses produksi pada fase II ini dapat dikatakan belum stabil karena ada titik-titik yang *out-of-control*.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan proses produksi rokok unit SKT di PT. X belum stabil. Namun, batas kontrol yang telah diperoleh pada fase I dengan $BKA = 148.2034$, garis tengah = 68.9196 dan $BKB = -10.3642$ dapat digunakan sebagai batas kontrol standart produksi untuk proses pengontrolan selanjutnya karena pada fase I proses produksi sudah berada dalam keadaan terkontrol. Sedang pada fase II ditelusuri variabel mana yang memberikan kontribusi terbesar terhadap sinyal yang *out of control*.

c. Identifikasi Sinyal *Out-of-control*

Pada proses pengontrolan produksi rokok fase I tidak ditemukan adanya titik yang *out-of-control* sehingga dapat dinyatakan proses produksi rokok sudah terkontrol. Namun, pada proses pengontrolan produksi rokok fase II, ternyata ada beberapa titik pengamatan yang *out-of-control*. Sehingga proses dinyatakan belum stabil dan perlu adanya perbaikan proses. Oleh karena itu perlu ditelusuri variabel mana yang menyebabkan sinyal *out-of-control* agar perbaikan proses dapat mencapai hasil yang maksimal.

Dalam diagram kontrol Mnp , untuk mendeteksi sinyal *out-of-control* dari pengamatan dengan cara menghitung nilai statistik Z_i pada tiap titik yang *out-of-control*. Berdasarkan gambar 3 terdapat tiga titik yang keluar dari BKA. Dengan menggunakan rumus (12), nilai statistik Z_i untuk masing-masing titik adalah :

Tabel 4 Penentuan variabel *out-of-control*

Variabel ke-	Z_i (8)	Z_i (38)	Z_i (113)
1	-2.94779	-2.94779	-2.94779
2	-5.4954	12.70163	3.603117
3	0.101453	-7.02052	7.223429
4	7.25421	14.3865	-7.01037
5	18.51942	-4.36902	18.51942
6	-2.13504	-2.13504	-2.13504
7	-2.99572	-2.99572	-2.99572
8	28.51015	-3.15777	-3.15777
9	-3.08936	13.09521	-3.08936
10	16.73617	16.73617	-2.5875
11	7.891628	-4.15168	-4.15168
12	-1.46176	-1.46176	32.7435
13	-1.81007	-1.81007	-1.81007
14	-2.8244	50.28432	-2.8244
15	-1.99715	-1.99715	48.07423
16	27.78538	10.92683	2.497562
17	-1.36083	-1.36083	-1.36083
18	3.090434	-2.74151	8.922383

Berdasarkan tabel 4 di atas, untuk pengamatan ke-8 nilai $Z_8 = 28.51015$ dan $Z_{16} = 27.78538$ memberikan nilai tertinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel D_8 yaitu mluntir atau deteng dan D_{16} yaitu besar kepala merupakan kontributor terbesar yang menyebabkan pengamatan ke-8 menjadi *out-of-control*. Pada pengamatan ke-38 nilai Z_i tertinggi adalah $Z_{14} = 50.28432$, sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel D_{14} yaitu korep merupakan kontributor terbesar yang menyebabkan pengamatan ke-38 menjadi *out-of-control*. Sedangkan pada pengamatan ke-113 nilai Z_i tertinggi adalah $Z_{15} = 48.07423$, sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel D_{15} yaitu besar pen merupakan kontributor terbesar yang menyebabkan pengamatan ke-113 menjadi *out-of-control*. Untuk selanjutnya dilakukan perbaikan proses oleh perusahaan pada variabel-variabel tersebut dengan menelusuri penyebab terjadinya *out-of-control*.

9. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan di atas, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengontrolan proses produksi rokok unit SKT salah satu perusahaan rokok di Surabaya pada fase I sudah terkendali karena semua titik berada dalam batas kontrol. Batas-batas kontrol yang didapat dari proses yang sudah terkendali adalah BKA = 148.2034, garis tengah = 68.9196, dan BKB = -10.3642. Untuk selanjutnya batas kontrol dan parameter dari proses yang sudah terkendali ini digunakan pada pengontrolan proses produksi fase II untuk melihat stabilitas produksi rokok. Berdasarkan diagram kontrol Mnp , proses produksi belum stabil karena ada beberapa titik pengamatan yang *out-of-control*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan proses produksi rokok unit SKT perusahaan tersebut belum stabil.
2. Pada identifikasi penyebab sinyal *out-of-control* terhadap pengamatan yang keluar dari batas antara lain pengamatan ke-8, ke-38, dan ke-113, maka didapatkan beberapa variabel yang menyebabkan proses belum dalam keadaan stabil antara lain variabel mluntir atau deteng (D_8), besar kepala (D_{16}), korep (D_{14}), dan besar pen (D_{15}).

DAFTAR PUSTAKA

Lu, X.S., *et al.* 1998. Control Chart for Multivariate Attribute Processes. *International Journal of Production Research*, Vol.36, No.12, 3477-3489.

- Montgomery, D.C. 1998. *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Montgomery, D.C. 2005. *Introduction to Statistical Quality Control Fifth Edition*. New York: John Wiley & Sons, inc.
- Niaki, S.T.A. and Abbasi, B. 2007. Bootstrap Method Approach in Designing Multi-attribute Control Charts. *International Journal of Advantages Manufacturing Technology*, Vol.35, 434-442.
- , 2007. On the Monitoring of Multi-attributes High-quality production Processes. *Metrika*, Vol.66, 373-388.
- Wibowo, Tri. 2003. Protet Industri Rokok di Indonesia. *Kajian Ekonomi dan Keuangan*, Vol.7, No.2.