

GRAFIK PENGENDALI *Mnp* PADA DATA TAK SESUAI

Nonik Brilliana P¹, Sudarno², dan Suparti²

¹Mahasiswa Jurusan Statistika FSM Undip

²Staf Pengajar Jurusan Statistika FSM Undip

Abstrak

Pada era globalisasi ini banyak sekali perusahaan yang bermunculan. Sehingga akan timbul persaingan yang semakin ketat. Setiap perusahaan pasti ingin unggul dengan produknya. Karena setiap perusahaan akan selalu memperbaiki kualitas produknya dengan berbagai cara agar produknya bisa laku di pasaran. Salah satu cara memperbaiki kualitas yaitu dengan melakukan pengendalian kualitas pada setiap produknya. Ada banyak metode untuk melakukan pengendalian kualitas. Salah satu metode yang digunakan adalah dengan grafik pengendali *Mnp*. Grafik pengendali *Mnp* biasanya digunakan untuk data yang tak sesuai (cacat). Berdasarkan hasil penelitian ini, maka didapatkan bahwa proses produksi pada fase I yaitu pada bulan Januari-Februari dalam keadaan terkontrol, sehingga nilai parameter pada proses produksi fase I dapat digunakan pada proses produksi fase II. Sedangkan untuk proses produksi fase II, ada beberapa pengamatan yang keluar dari batas control. Sehingga proses produksi pada fase II dalam keadaan tidak terkontrol.

Kata kunci: Grafik pengendali *Mnp*, Cacat, Fase I, Fase II

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang di dalamnya tumbuh subur berbagai macam industri. Dengan banyaknya perindustrian akan menyebabkan persaingan yang sangat ketat di bidang perindustrian. Oleh karena itu berbagai industri banyak melakukan upaya agar industrinya merupakan industri yang paling unggul pada era ini. Salah satu upaya yang dilakukan adalah mengendalikan kualitas produknya, agar produk yang dijual di pasaran merupakan produk yang berkualitas tinggi. Dengan harapan nantinya akan meningkatkan minat konsumen untuk membeli produknya.

Definisi kualitas adalah kesesuaian dengan spesifikasi dan apa yang dibutuhkan (Crosby, 1997). Kualitas juga dapat diartikan kecocokan penggunaannya (Montgomery, 2005). Kualitas kecocokan adalah seberapa baik produk itu sesuai dengan spesifikasi dan kelonggaran yang disyaratkan oleh

rancangan itu. Kualitas kecocokan dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk pemilihan proses pembuatan, latihan dan pengawasan angkatan kerja, jenis sistem jaminan kualitas yang digunakan, dan motivasi angkatan kerja untuk mencapai kualitas.

Pengendalian kualitas yang dilakukan bertujuan untuk mengendalikan produk yang tidak sesuai agar nantinya produk yang tidak sesuai tersebut dapat diminimalisir kerusakannya, agar dapat mencapai keuntungan yang maksimal. Mengendalikan produk yang tidak sesuai merupakan salah satu cara yang paling sering digunakan untuk meminimalisir kerugian pada suatu perusahaan. Pada kasus ini industri yang digunakan adalah Coca Cola Amatil Indonesia (CCAI) Semarang yang merupakan sebuah perusahaan besar yang bergerak di bidang usaha minuman. Tidak dipungkiri bahwa setiap kali produksi pasti sering terjadi adanya penyimpangan produk. Adanya penyimpangan produk yang berupa kerusakan atau cacat harus dihindarkan. Untuk dapat menghasilkan produk yang memenuhi atau sesuai dengan spesifikasi, maka perlu dilakukan pembenahan dan perbaikan agar nantinya produk yang dihasilkan lebih baik dari produk sebelumnya.

Untuk mencegah kerugian dikarenakan *lost product* (produk cacat) maka dilakukan pengendalian kualitas dengan menggunakan diagram grafik pengendali. Grafik pengendali yang digunakan dalam pengendalian kualitas ini adalah grafik pengendali *Mnp* yang merupakan pengembangan dari grafik pengendali univariat *np*. Digunakannya grafik pengendali *Mnp* karena grafik pengendali tersebut sifatnya lebih sensitif daripada grafik pengendali univariat *np* (Lu, 1998). Pengendalian kualitas ini bertujuan untuk mengetahui variabel mana saja yang menyebabkan proses produksi menjadi tidak terkendali.

2. Grafik Pengendali *Mnp* untuk Produk Tak Sesuai

Grafik pengendali merupakan suatu teknik pengendali proses. Grafik pengendali juga dapat digunakan untuk menaksir parameter suatu proses produksi, dan melalui informasi ini, mampu mengetahui kemampuan proses. Grafik pengendali dapat juga memberi informasi yang berguna dalam meningkatkan proses. Tujuan akhir pengendalian proses statistik adalah

menyingkirkan variabilitas dalam proses. Mungkin tidak dapat menyingkirkan variabilitas selengkapnya, tetapi grafik pengendali adalah alat yang efektif dalam mengurangi variabilitas sebanyak mungkin.

Grafik pengendali *Mnp* merupakan grafik pengendali yang menangani proses variabel multivariat yang bersifat atribut (Lu, 1998). Variabel multivariat adalah pemeriksaan obyek yang dilakukan pada lebih dari satu karakteristik kualitas, sehingga apabila proses mempunyai variabel multivariat dan bersifat atribut maka grafik pengendali yang paling cocok digunakan adalah grafik pengendali *Mnp* (*Mnp chart*).

Pada proses yang diamati, dapat diasumsikan bahwa $i = 1, 2, 3, \dots, m$ adalah banyaknya karakteristik kualitas, p_i merupakan probabilitas sebuah item cacat (*nonconforming*) pada suatu karakteristik kualitas i . Karakteristik kualitas tersebut mungkin tidak independen, sehingga dapat muncul korelasi antara karakteristik i dan karakteristik j yaitu δ_{ij} , dengan syarat (Lu, 1998):

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

Maka nilai Statistik X pada tiap pengamatan ke- j adalah:

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

dengan 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 .

Estimasi Parameter Model

Ketika proporsi cacat vektor p dan matrik korelasi Σ tidak diketahui, maka harus diestimasi dari data pengamatan. Vektor proporsi cacat dari sampel j , p_j , diestimasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \hat{p}_j &= \left(\frac{c_{1j}}{n}, \frac{c_{2j}}{n}, \dots, \frac{c_{mj}}{n} \right) \\ &= (\hat{p}_{1j}, \hat{p}_{2j}, \dots, \hat{p}_{mj}) \end{aligned} \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (3)$$

dimana $i = 1, \dots, m$ dan $j = 1, \dots, k$ dengan \hat{p}_j adalah taksiran vektor proporsi cacat, c_{ij} adalah banyaknya cacat pada variabel i pengamatan ke- j dan n adalah banyaknya sampel tiap pengamatan ke- j .

Vektor rata-rata proporsi cacat p diestimasi dengan:

$$\begin{aligned}\hat{p} &= \frac{\sum_{j=1}^k \hat{p}_j}{k} = \left(\frac{\sum_{j=1}^k c_{1j}}{nk}, \frac{\sum_{j=1}^k c_{2j}}{nk}, \dots, \frac{\sum_{j=1}^k c_{mj}}{nk} \right) \\ &= (\hat{p}_1, \hat{p}_2, \dots, \hat{p}_m)\end{aligned}\quad (4)$$

Sedangkan untuk estimasi dari matrik korelasi Σ adalah:

$$\hat{\Sigma} = [\delta_{ij}]_{m \times m} \quad (5)$$

Batas Kontrol

Setelah diketahui estimasi dari vektor rata-rata proporsi cacat p yaitu vektor \hat{p}_i dan estimasi matriks korelasi $\hat{\Sigma}$, maka garis tengah dan batas kontrol untuk grafik pengendali Mnp adalah:

$$\text{BKA} = n \sum_{i=1}^m \sqrt{\hat{p}_i} + 3 \sqrt{n \left\{ \sum_{i=1}^m (1 - \hat{p}_i) + 2 \sum_{i < j} \hat{\delta}_{ij} \sqrt{(1 - \hat{p}_i)(1 - \hat{p}_j)} \right\}}$$

$$\text{Garis Tengah} = n \sum_{i=1}^m \sqrt{\hat{p}_i}$$

(6)

$$\text{BKB} = n \sum_{i=1}^m \sqrt{\hat{p}_i} - 3 \sqrt{n \left\{ \sum_{i=1}^m (1 - \hat{p}_i) + 2 \sum_{i < j} \hat{\delta}_{ij} \sqrt{(1 - \hat{p}_i)(1 - \hat{p}_j)} \right\}}$$

Untuk uji hipotesis, statistik X di plot 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 pengontrolan produksi ke depan.

Identifikasi Sinyal *Out-of-Control*

Setelah mengetahui titik sampel mana saja yang di luar batas pengendali, maka langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi titik-titik yg *out-of-control*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui titik yang paling besar kontribusinya menyebabkan proses tak terkendali.

Menurut Lu, 1998 bahwa statistik yang digunakan dalam menginterpretasikan sinyal *out-of-control* dalam *Mnp chart* adalah:

$$Z_i = \frac{[c_i - n\bar{p}_i]}{\sqrt{\bar{p}_i}} \quad (7)$$

dimana:

Z_i = skor statistik

c_i = jumlah cacat pada karakteristik kualitas ke i

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

3. Metodologi Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian adalah data sekunder dari perusahaan minuman. Data tersebut merupakan data multivariat karena mempunyai 5 variabel produk yang tak sesuai. Data yang digunakan adalah data dari bulan Januari-Juli 2012. Variabel yang digunakan adalah produk roboh pecah (C_1), produk rusak / penyok (C_2), produk expired (C_3), produk rusak repacking (C_4), dan produk jatuh dari forklift (C_5).

Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian antara lain:

1. Mencari literatur yang mendukung sesuai dengan kondisi data yang akan dianalisis.
2. Mengumpulkan data *lost product* (cacat produksi).
3. Membagi data menjadi dua fase yaitu fase I yang merupakan data bulan Januari- Februari dan fase II merupakan data bulan Maret-Juli.
4. Melakukan analisis proses produksi dengan menggunakan diagram grafik pengendali *Mnp*. Langkah analisis yang dilakukan pada fase I adalah:
 - a. Menghitung rata – rata proporsi cacat (\bar{p}_i).
 - b. Menghitung nilai Statistik X pada masing – masing subgroup ke- k bulan Januari-Februari.
 - c. Menghitung estimasi parameter model yang digunakan untuk mengetahui nilai–nilai yang akan digunakan untuk menentukan batas kontrol.
 - d. Menghitung nilai korelasi antar variabel.

- e. Menentukan batas-batas kontrol yang terdiri dari Batas Pengendali Atas (BPA), Garis Tengah (GT), dan Batas Pengendali Bawah (BPB).
- f. Menghilangkan titik yang menjadi penyebab *out of control* jika proses tersebut tidak terkendali. Jika sudah dalam keadaan terkendali maka batas-batas kontrol dan nilai parameter pada fase I dapat digunakan untuk data pada fase II.
- g. Menguji data pada fase II yaitu apakah sudah dalam keadaan terkendali.
- h. Menganalisis adanya sinyal *out-of-control* pada proses produksi untuk mengetahui variabel apa saja yang berpengaruh paling besar terhadap ketidakstabilan produk.

4. Hasil dan Pembahasan

Pengontrolan Produksi Fase I

Pada pengontrolan produksi fase I, langkah awal yang dilakukan adalah menghitung nilai koefisien korelasi dari 5 variabel. Koefisien korelasi antar variabel digunakan untuk mengetahui besarnya hubungan antar variabel. Berdasarkan data fase I yaitu data dari bulan Januari-Februari menyatakan bahwa hampir semua signifikan terhadap taraf signifikansi 5% tetapi ada beberapa yang tidak signifikan. Akan tetapi dalam kondisi nyata, 5 variabel tersebut saling berhubungan. Sehingga diasumsikan bahwa korelasi antar variabel terpenuhi.

Langkah selanjutnya adalah mengestimasi parameter model. Berdasarkan rumus (4) dan data produk tak sesuai dari bulan Januari-Februari didapatkan nilai parameter \bar{p}_i sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai taksiran rata-rata proporsi \bar{p}_i

\bar{p}_i	Nilai
\bar{p}_1	0.0007381
\bar{p}_2	0.0007548
\bar{p}_3	0.0006905
\bar{p}_4	0.0007214
\bar{p}_5	0.0007583

Berdasarkan nilai taksiran rata-rata proporsi pada Tabel 1, menunjukkan urutan nilai taksiran parameter dari yang paling besar sampai yang paling kecil:

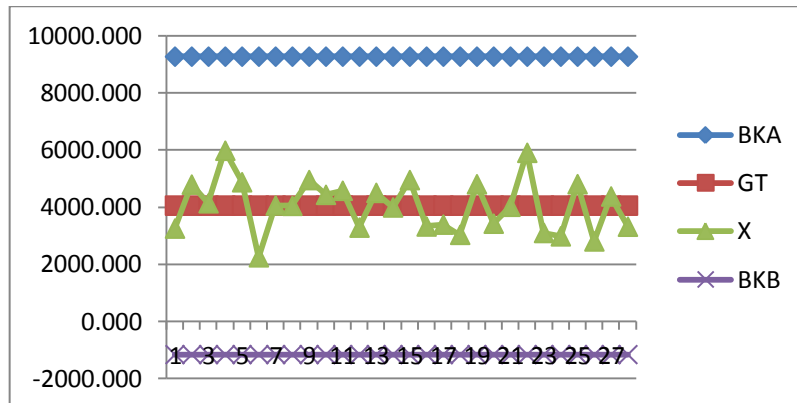
1. Produk jatuh dari forklift (C5) dengan nilai 0.0007583
2. Produk rusak / penyok (C2) dengan nilai 0.0007548
3. Produk roboh pecah (C1) dengan nilai 0.0007381
4. Produk rusak repacking (C4) dengan nilai 0.0007214
5. Produk expired (C3) dengan nilai 0.0006905

Hal ini menunjukkan bahwa jenis cacat yang paling sering muncul adalah variabel C5 yaitu produk jatuh dari forklift

Setelah menghitung nilai parameter \bar{p}_i langkah selanjutnya adalah menghitung batas kontrol berdasarkan rumus (6) dan menghitung nilai statistik X berdasarkan rumus (2). Sehingga diperoleh nilai:

- BKA= 9272.373
- GT= 4059.451
- BKB= -1153.47

Selanjutnya diperoleh plot antara statistik X dan batas kontrolnya sebagai berikut:



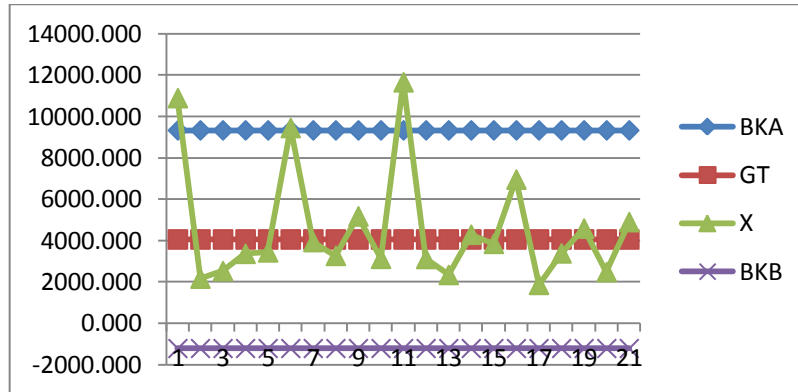
Gambar 1. Diagram Kontrol *Mnp* Fase I

Dari grafik pengendali *Mnp* fase I terlihat bahwa semua titik berada diantara Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB) atau semua titik tidak ada yang keluar dari batas kontrol dan data tidak membentuk suatu pola atau trend tertentu, sehingga dapat disimpulkan bahwa proses produksi dalam keadaan terkontrol. Maka batas-batas kontrol dan parameter pada fase I dapat digunakan untuk proses produksi fase II yang bertujuan untuk mengetahui apakah proses produksi fase II sudah dalam keadaan terkontrol atau belum.

Pengontrolan Produksi Fase II

Pengontrolan proses produksi fase II masih menggunakan data proses produksi bulan Maret-Juli sebanyak 21 sampel dengan ukuran sampel yang masih sama dengan ukuran sampel pada data fase I yaitu $n = 30.000$. Seperti halnya dengan fase I, langkah awal yaitu mencari Statistik X dengan menggunakan rumus (2).

Pada grafik pengendali *Mnp* fase I tidak ada titik yang keluar dari batas kontrol atas maupun batas kontrol bawah. Sehingga proses produksi dalam keadaan terkontrol, maka batas-batas kontrol dan parameter pada fase I digunakan kembali pada proses produksi fase II. Batas-batas kontrol pada fase II yaitu: $BKA = 9272.373$, $GT = 4059.451$ dan $BKB = -1153.47$. Maka grafik pengendali *Mnp* untuk proses produksi fase II adalah:



Gambar 2. Diagram Kontrol *Mnp* Fase II

Dari diagram kontrol *Mnp* fase II terdapat tiga titik yang berada di luar batas pengendali yaitu pengamatan ke-1, ke-6 dan ke-11. Sehingga dapat disimpulkan bahwa proses produksi dalam keadaan *out-of-control*. Nilai Statistik X dari masing-masing pengamatan yang *out-of-control*.

Tabel 2. Nilai Statistik X yang *out-of-control*

Pengamatan	Statistik X
1	10891.650
6	9447.363
11	11656.820

Identifikasi Sinyal *Out-of-Control*

Pada proses pengontrolan produksi fase II ada tiga titik yang keluar dari batas pengendali yaitu titik ke-1, ke-6 dan ke-11. Karena tiga titik tersebut keluar dari batas pengendali maka proses produksi fase II dinyatakan dalam keadaan *out-of-control*. Sehingga perlu adanya perbaikan proses. Oleh sebab itu pada tahap identifikasi sinyal *out-of-control* bertujuan untuk menelusuri variabel mana saja yang menyebabkan sinyal *out-of-control* agar perbaikan proses dapat mencapai hasil yang maksimal.

Tabel 3. Variabel *Out-of-Control*

Variabel ke-	$Z_i(1)$	$Z_i(6)$	$Z_i(11)$
1	2482.079	155.400	2028.829
2	1151.427	966.612	2414.331
3	1752.028	458.539	-834.951
4	692.889	2503.184	2264.088
5	206.594	756.999	1177.896

Berdasarkan Tabel 3.6 di atas dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Pada pengamatan ke-1 nilai Z_i tertinggi adalah adalah $Z_1 = 2482.079$.
 Sehingga yang merupakan kontributor terbesar penyebab sinyal *out-of-control* adalah variabel ke-1 pengamatan ke-1.
- 2) Pada pengamatan ke-6 nilai Z_i tertinggi adalah adalah $Z_4 = 2503.184$.
 Sehingga yang merupakan kontributor terbesar penyebab sinyal *out-of-control* adalah variabel ke-4 pengamatan ke-6.
- 3) Pada pengamatan ke-11 nilai Z_i tertinggi adalah adalah $Z_2 = 2414.331$.
 Sehingga yang merupakan kontributor terbesar penyebab sinyal *out-of-control* adalah variabel ke-2 pengamatan ke-11.

5. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa:

1. Proses produksi fase I yaitu proses pada bulan Januari-Februari berdasarkan grafik pengendali *Mnp* sudah dalam keadaan terkendali. Sehingga batas kontrol pada proses tersebut dapat dijadikan batas kontrol pada proses produksi fase II.
2. Proses produksi fase II yaitu proses pada bulan Maret-Juli berdasarkan grafik pengendali *Mnp* ada beberapa titik yang berada di luar batas pengendali. Sehingga proses produksi fase II belum terkendali.
3. Pengamatan yang keluar dari batas pengendali adalah pengamatan ke-1, ke-6 dan ke-11. Maka diperoleh variabel yang menyebabkan proses tidak terkendali yaitu variabel produk roboh pecah (C_1), produk rusak/penyok (C_2) dan produk rusak repacking (C_4).

DAFTAR PUSTAKA

- Crosby, P.B., 1997. *Quality is Free*, McGraw-Hill, New York.
- Johnson, A.R., and Wichern, D.W., 2002. *Applied Multivariate Statistical Analysis*, Fifth Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Lu, X.S, et al., 1998. Control Chart for Multivariate Attribute Processes, *International Journal of Production Research*, Vol.36, No.12, ISSN 3477-3489.
- Montgomery, D.C., 1998. *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Montgomery, D.C., 2005. *Introduction to Statistical Quality Control Fifth Edition*. John Wiley & Sons, Inc., New York.

www.coca-colaamatil.co.id (Diakses pada tanggal 26 Juni 2013 pukul 10.00)