

PENERAPAN *SIX SIGMA* DALAM RANCANGAN PERCOBAAN FAKTORIAL UNTUK MENENTUKAN *SETTING* MESIN PRODUKSI AIR MINERAL

Muhammad Nugroho Karim Amrullah¹, Mustafid², Sugito³

¹Mahasiswa Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

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

ABSTRACT

Machine setting is one of the factors which affects the high defects of mineral water cup. The determination of the optimal machine setting is needed to reduce the defects that occur. Six Sigma DMAIC (define, measure, analyze, improve, control) method in the factorial experimental design can be used for determining the optimal machine setting. This research, which is conducted in PT Sekar Sari, found the most optimal combination of pressure and temperature setting of the machine, so that the defects generated are decreasing after optimal condition treatment. Sigma level increased by 0.89 sigma, from 2,47 sigma to 3,36 sigma and COPQ (cost of poor quality) percentage decreased by 3.64%.

Keywords: Six Sigma, DMAIC, Factorial Design of Experiment, COPQ.

1. PENDAHULUAN

Kualitas dari sebuah produk yang dihasilkan oleh suatu perusahaan akan sangat berpengaruh terhadap kelangsungan perusahaan tersebut. Faktor kualitas sangat penting, karena akan tercipta kepuasan dari konsumen ketika menggunakan produk dengan kualitas yang baik. Pengertian dari Kualitas adalah keseluruhan dari segi dan karakteristik suatu produk, baik barang maupun jasa, yang menunjang pada kemampuan untuk memenuhi kebutuhan^[3].

Bisnis air minum dalam kemasan adalah salah satu bisnis yang sangat berpotensi untuk berkembang pada era dewasa ini. Hal ini dikarenakan minuman adalah sumber kehidupan utama bagi manusia. Didukung dengan semakin berkembangnya beberapa daerah dan semakin tingginya etos kerja masyarakat di Indonesia, bisnis ini mendapatkan tempat khusus yang mejadi bisnis unggulan di masa depan. Produk yang berkualitas dengan harga terjangkau, adalah pilihan tepat bagi sebagian besar masyarakat yang membutuhkan air minum secara instan. Produk tersebut akan mencapai target yang diinginkan perusahaan jika perusahaan mampu memproduksi produknya dengan baik.

Proses produksi pada produk air minum khususnya pada produk air mineral kemasan 220 mililiter, yang paling tinggi tingkat produksinya dibandingkan dengan produk lain, tentunya akan mengalami banyak kecacatan pula jika perusahaan tidak memperhatikan proses produksi. Salah satu penyebab tingginya cacat pada kemasan 220 mililiter adalah *setting* mesin yang tidak sesuai dengan total produksi. Metode *six sigma* dan analisis statistik rancangan percobaan faktorial (*factorial design of experiment*) diharapkan mampu menentukan *setting* mesin yang paling optimal guna meminimalisasi cacat yang terjadi selama proses produksi, sehingga mampu menekan biaya produksi dan meningkatkan pendapatan perusahaan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kualitas adalah tingkatan yang menetapkan pembawaan karakteristik yang memenuhi kebutuhan atau harapan yang ditetapkan, secara tersirat maupun langsung^[4]. Kualitas dari sebuah produk dapat dijelaskan dan dievaluasi dengan berbagai cara. Hal ini sangat penting dan harus sering dilakukan untuk mengetahui perbedaan dari dimensi

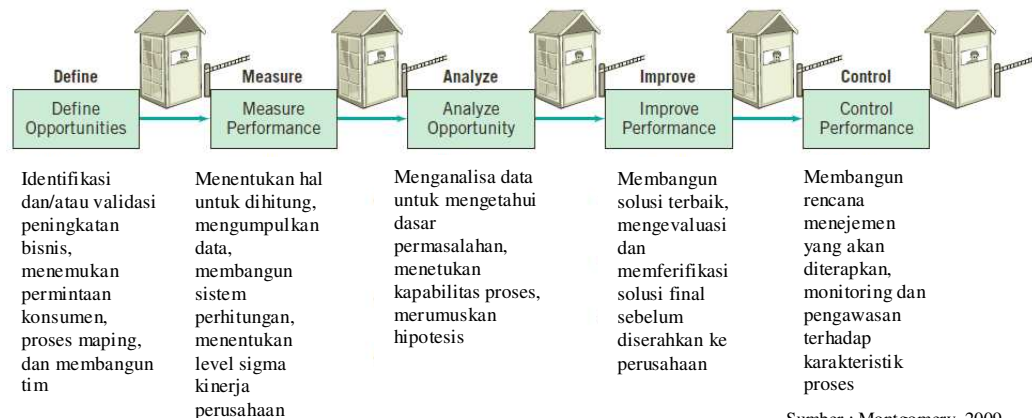
kualitas. Cara yang baik untuk membedakan dimensi kualitas dibagi menjadi delapan komponen, yaitu^[2]:

1. Performa/kinerja
2. Tingkat kepercayaan
3. Daya tahan
4. Layanan
5. Estetika atau keindahan
6. Keistimewaan
7. Kualitas rasa
8. Kesesuaian standar

Six sigma

Six sigma adalah tingkatan dari kinerja proses produksi yang hanya memproduksi 3,4 cacat per satu juta kejadian atau produksi^[6]. Produk dengan banyak komponen umumnya mempunyai banyak kesempatan untuk terjadi kegagalan atau cacat^[5]. Motorola menciptakan program *six sigma* pada akhir 1980 an sebagai respon dari klaim terhadap produk mereka. Fokus dari *six sigma* ini adalah untuk mereduksi perubahan karakteristik inti dari kualitas produk pada level tertentu dimana cacat muncul secara tidak terkontrol.

Six sigma menggunakan lima langkah pendekatan secara spesifik, *Define* (menemukan permasalahan), *Measure* (menghitung proses), *Analyze* (menganalisis proses), *Improve* (meningkatkan proses), dan *Control* (mengontrol proses). Langkah ini biasa disebut dengan DMAIC. Proses DMAIC dijelaskan pada gambar berikut.



Sumber : Montgomery, 2009

Defect per Million Opportunity (DPMO) menetapkan pengukuran tunggal untuk membandingkan kinerja yang sangat berbeda secara setimbang^[1]. Berikut adalah perhitungan DPMO :

$$DPMO = \frac{\text{Banyaknya cacat} \times 1.000.000}{\text{Banyaknya unit} \times \text{kesempatan}} \quad (1)$$

Besarnya tingkat sigma dihitung menggunakan bantuan *software Microsoft Excel* berdasarkan formula, yaitu :

$$DPMO = ((1 - \text{NORMSDIST}(k - 1,5)) \times 1000000)$$

$$\text{NORMSDIST}(k - 1,5) = 1 - \frac{DPMO}{1000000}$$

$$k = \text{NORMSINV}\left(1 - \frac{DPMO}{1000000}\right) + 1,5 \quad (2)$$

dengan k adalah tingkat sigma.

Rancangan percobaan faktorial

Rancangan percobaan faktorial adalah rancangan percobaan yang menganalisis respon untuk semua kemungkinan kombinasi dari dua faktor atau lebih^[7]. Dengan rancangan faktorial, kita mengetahui bahwa setiap pengulangan lengkap dari sebuah percobaan, semua kemungkinan kombinasi pada level di setiap faktor terselidiki.

Desain umum untuk rancangan faktorial dengan dua faktor diberikan pada tabel berikut :

Model liniernya adalah :

$$y_{ijk} = \bar{x} + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (3)$$

dengan,

$i = 1, 2, \dots, a ; j = 1, 2, \dots, b ;$ dan $k = 1, 2, \dots, n$

Pada percobaan faktorial dua faktor, kedua faktor baris dan kolom (atau perlakuan), A dan B, sama pentingnya. Secara spesifik, hipotesis dari percobaan ini adalah :

Pengaruh utama faktor A

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_a = 0$ (tidak ada pengaruh faktor A terhadap respon yang diamati)

H_1 : paling sedikit ada satu i dengan $\tau_i \neq 0$ (ada pengaruh faktor A terhadap respon yang diamati)

Dengan taraf signifikansi $\alpha = 5\%$, statistik uji dan daerah kritis sebagai berikut :

$$F_0 = \frac{KT(A)}{KTG} \quad (4)$$

dengan $KT(A)$ adalah kuadrat tengah faktor A, dan KTG adalah kuadrat tengah galat.

H_0 ditolak jika nilai $F_0 > F_{tabel}$ atau nilai $sig < \alpha$, sehingga ketika H_0 ditolak menunjukkan bahwa ada pengaruh faktor A terhadap respon yang diamati.

Pengujian serupa dilakukan untuk faktor B dan interaksi faktor A dan faktor B.

Tabel ANOVA

Prosedur pengujian diatas, biasanya diringkas dalam tabel Analisis of Variance (ANOVA).

| Tabel ANOVA | | | | |
|-------------|----------|---------------------|--|----------------------------|
| Sumber | Jumlah | Derajat | Kuadrat Tengah | F_0 |
| Keragaman | Kuadrat | Bebas | | |
| Percobaan A | $JK(A)$ | $a - 1$ | $KT(A) = \frac{JK(A)}{a - 1}$ | $F_0 = \frac{KT(A)}{KTG}$ |
| Percobaan B | $JK(B)$ | $b - 1$ | $KT(B) = \frac{JK(B)}{b - 1}$ | $F_0 = \frac{KT(B)}{KTG}$ |
| Interaksi | $JK(AB)$ | $(a - 1) * (b - 1)$ | $KT(AB) = \frac{JK(AB)}{(a - 1)(b - 1)}$ | $F_0 = \frac{KT(AB)}{KTG}$ |
| Galat | JKG | $ab(n - 1)$ | $KTG = \frac{JKG}{ab(n - 1)}$ | |
| Total | JKT | $abn - 1$ | | |

Perhitungan faktor koreksi adalah

$$FK = \frac{y_{...}^2}{abn} \quad (5)$$

dengan perhitungan jumlah kuadrat sebagai berikut :

$$JKT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - FK \quad (6)$$

$$JK(A) = \frac{1}{bn} \sum_{i=1}^a y_{i..}^2 - FK \quad (7)$$

$$JK(B) = \frac{1}{an} \sum_{j=1}^b y_{.j.}^2 - FK \quad (8)$$

untuk memudahkan dalam perhitungan $JK(AB)$ maka terlebih dahulu dihitung $JK_{subtotal}$ dengan,

$$JK_{subtotal} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij}^2 - FK \quad (9)$$

sehingga,

$$JK(AB) = JK_{subtotal} - JK(A) - JK(B) \quad (10)$$

dan

$$JK(G) = JKT - JK(A) - JK(B) - JK(AB) \quad (11)$$

Uji Tukey's Honestly Significant Difference (HSD)

Uji tukey HSD dapat digunakan untuk mengetahui selisih rata – rata secara spesifik^[7]. Pada uji Tukey's HSD menggunakan nilai *studentized rank* $Q_{(\alpha,p,db,G)}$ daripada nilai quantil t dan mengganti standar error rata – rata dengan standar error selisih dua rata – rata. Perhitungan HSD :

$$HSD = Q_{(\alpha,p,db,G)} \sqrt{\frac{KTG}{n}} \quad (12)$$

dengan :

α : taraf signifikansi sebesar 5%

p : banyaknya perlakuan (tipe) pada faktor A, B, dan AB

db.G : derajat bebas galat

KTG : kuadrat tengah galat

n : banyaknya sampel yang digunakan

Semua selisih dari pasangan $|y_i - y_j| (i < j)$ dibandingkan dengan nilai HSD . Untuk $|y_i - y_j| > HSD$ selisih antara \bar{x}_i dengan \bar{x}_j signifikan.

Kapabilitas Proses (Cp,Cpk)

Kapabilitas proses adalah kemampuan proses untuk memproduksi produk atau menyediakan jasa yang mampu memenuhi persyaratan konsumen maupun pembuatnya^[1]. Kapabilitas proses hanya dilakukan jika proses terkontrol secara statistik. Berdasarkan teorema limit pusat, penyebaran nilai individu akan lebih besar dibandingkan dengan penyebaran nilai rata – rata. Perhitungan indikator kapabilitas, biasanya digunakan nilai Cp dan Cpk dengan perhitungan :

$$Cp = \frac{\text{Batas atas spesifikasi} - \text{batas bawah spesifikasi}}{6\sigma} \quad (13)$$

$$Cpk = \text{Minimum} \{CPU, CPL\} \quad (14)$$

dimana,

$$CPU = \frac{\text{Batas atas spesifikasi} - \text{rata}^2 \text{ proses}}{3\sigma} \quad (15)$$

$$CPL = \frac{\text{rata}^2 \text{ proses} - \text{batas bawah spesifikasi}}{3\sigma} \quad (16)$$

Proses dikatakan sangat kapabel jika nilai Cp dan Cpk > 1,33, kapabel jika nilai Cp = Cpk = 1, dan tidak kapabel jika nilai Cp dan Cpk < 1.

3. METODE PENELITIAN

Sumber data yang digunakan adalah data primer yang terdiri dari data selama penerapan *setting* untuk penelitian rancangan percobaan faktorial yang diperoleh dari hasil pengamatan proses produksi air mineral dalam kemasan 220 mililiter dan data hasil penerapan *setting* terbaik yang diperoleh. Data pengamatan rancangan percobaan faktorial diambil mingguan dari minggu pertama april 2015 sampai dengan minggu pertama Agustus 2015 sedangkan data hasil penerapan *setting* terbaik diambil dari minggu kedua

Agustus 2015 sampai dengan minggu ke pertama November 2015. Serta, data sekunder yang diperoleh dari perusahaan yang diambil dari Maret 2014 sampai dengan Maret 2015.

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel jenis cacat yang sering muncul dari beberapa variabel jenis cacat yang terdapat pada air minum mineral kemasan 220 mililiter selama proses produksi. Jenis cacat yang terdapat pada produk dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel Variabel Jenis Cacat

| Jenis Cacat | Pengertian |
|-------------------------------------|---|
| Bocor (<i>leak</i>) | Cup tidak tertutup dengan sempurna, dapat disebabkan oleh tutup berlobang atau botol penyok karena meleleh. |
| Isi kurang (<i>not full</i>) | Isi air dalam cup tidak penuh, kurang dari 220 mililiter. |
| Tutup miring (<i>lid oblique</i>) | Tutup cup tidak simetris dengan cup. |

Tahapan analisis data yang dilakukan untuk menganalisis penelitian ini adalah :

1. Tahap *pre-experiment*. Pada tahap ini diambil data sekunder dari perusahaan tentang jumlah produk cacat, dihitung DPMO, level sigma, COPQ, dan kapabilitas prosesnya.
2. Tahap *define*, pada tahap ini peneliti berkomunikasi dengan *quality control* perusahaan untuk mengetahui jenis cacat apa saja yang terdapat dalam produk yang paling banyak diproduksi.
3. Tahap *measure*, dihitung jumlah cacat pada produk air mineral kemasan 220 mililiter, kemudian menentukan jenis cacat yang paling sering terjadi melalui diagram *Pareto* kemudian dihitung DPMO, level sigma, COPQ, dan kapabilitas prosesnya.
4. Tahap *analyze*, pada tahap ini dilakukan analisis statistik dengan menggunakan *factorial Design of Experiment* (DOE). Menentukan setting terbaik dengan uji *Tukey's Honestly Significant Difference* (HSD)
5. Tahap *improve*, pada tahap ini dilakukan pengambilan data ulang pada mesin yang telah disetting dengan menggunakan hasil penelitian kemudian dihitung ulang DPMO, level sigma, COPQ, dan kapabilitas prosesnya.
6. Tahap *control*, pada tahap ini dilakukan evaluasi mengenai penelitian yang dijalankan, apakah penelitian berjalan dengan baik atau tidak.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pre – experiment

Pengujian normalitas data dilakukan pada data yang diperoleh, pengujian ini dilakukan untuk memenuhi asumsi yang diperlukan untuk pembuatan grafik pengendali.

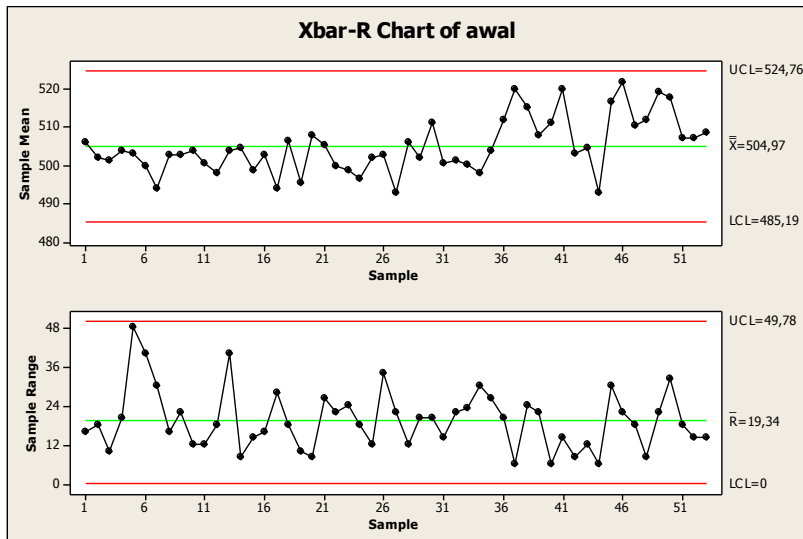
Uji normalitas Kolmogorov – Smirnov

Nilai statistik yang diperoleh adalah :

$$D_{hitung} = 0,0604 \quad \text{dengan} \quad D_{tabel} = 0,108$$

$D_{hitung} = 0,0604 < D_{Tabel} = 0,108$ maka H_0 diterima, sehingga data sampel cacat mengikuti distribusi normal.

Grafik kendali \bar{x} dan R diperoleh dengan bantuan software Minitab 14 diberikan sebagai berikut :



Grafik kendali \bar{x} dan R data *pre-experiment*

Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa data sampel cacat terkendali.

Perhitungan nilai Cp dan Cpk :

$$Cp = \frac{BSA - BSB}{6s} = \frac{472 - 542}{6(11,4234)} = 1,02 \quad \text{Estimasi nilai } s \text{ menggunakan } \bar{R} :$$

$$Cpk = \min(CPU, CPL) = 0,9621 \quad s = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{19,34}{1,693} = 11,4234$$

dengan

$$CPU = \frac{BSA - \bar{x}}{3s} = \frac{542 - 504,97}{3(11,4234)} = 1,0805$$

$$CPL = \frac{\bar{x} - BSB}{3s} = \frac{504,97 - 472}{3(11,4234)} = 0,9621$$

Berdasarkan nilai Cp dan Cpk yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa proses yang dikerjakan perusahaan kapabel, karena nilai Cp dan Cpk mendekati 1.

Perhitungan DPMO, level sigma, dan COPQ :

$$DPMO = \frac{\text{Banyaknya cacat} \times 1.000.000}{\text{Total produksi}} = \frac{80291 \times 1000000}{481571} = 166727,23$$

$$\begin{aligned} k &= \text{NORMSINV}\left(1 - \frac{DPMO}{1000000}\right) + 1,5 \\ &= \text{NORMSINV}\left(1 - \frac{166727,23}{1000000}\right) + 1,5 \\ &= 2,47 \end{aligned}$$

$$\text{Harga per kardus cup 220 mililiter} = \text{Rp. } 19.000.000$$

$$\text{Estimasi biaya produksi per kardus} = 40\% \times \text{Rp. } 19.000.000$$

$$= \text{Rp. } 7.600$$

$$\text{Estimasi biaya produksi per cup} = \text{Rp. } 7.600 \div 48$$

$$= \text{Rp. } 158,33$$

$$\text{COPQ} = \text{Rp. } 158,33 \times 80291$$

$$= \text{Rp. } 12.712.741,7$$

Keterangan : 40% didapatkan berdasarkan konsultasi dengan manajer keuangan dan pemasaran perusahaan. Angka 48 didapat dari banyaknya cup per kardus, yaitu 48 cup.

Perhitungan persentase COPQ dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Prosentase COPQ} = \frac{\text{COPQ}}{\text{Total biaya produksi}} \times 100\% = \frac{\text{Rp. } 12.712.741,7}{\text{Rp. } 76.248.741,7} \times 100\% = 16,67\%$$

dengan :

$$\text{Total biaya produksi} = \text{Rp. } 158,33 \times 481571 = \text{Rp. } 76.248.741,7$$

Define

Pihak *quality control* perusahaan menganalisa dan menyimpulkan bahwa kemungkinan terbesar yang menjadi faktor penyebab cacat pada produk adalah kombinasi *setting* mesin yang tidak sesuai dengan jumlah produk yang diproduksi. *Setting* mesin yang digunakan perusahaan sebelum dilakukan penelitian, yaitu yang terdapat pada buku panduan penggunaan mesin, adalah temperatur 220 °C dan tekanan 300 Kpa (Kilo Pascal). Sesuai buku panduan, *setting* tersebut baik digunakan untuk sekali produksi dengan jumlah produksi maksimal 1300 produk. Hal tersebut seharusnya tidak digunakan oleh perusahaan, karena perusahaan harus memproduksi sekitar 3000 produk dalam satu kali produksi untuk memenuhi permintaan konsumen. Karena perusahaan hanya memiliki satu mesin saja, maka efek dari produksi yang berlebihan adalah banyak ditemui produk cacat selama proses produksi.

Measure

Pembuatan grafik pengendali \bar{x} dan R dilakukan ulang untuk mengetahui apakah data yang diperoleh selama penelitian rancangan percobaan faktorial dilakukan terkendali atau tidak. Berdasarkan hasil yang diperoleh, menunjukkan bahwa data tersebut terkendali dengan nilai UCL = 233,95, $\bar{\bar{x}}$ = 216,94, dan LCL = 199,93 untuk grafik \bar{x} . Untuk grafik R didapatkan nilai UCL = 42,80, \bar{R} = 16,63, dan LCL = 0. Nilai Cp dan Cpk dihitung ulang menghasilkan Cp = 1,05 dan Cpk = 0,92.

DPMO, level sigma, dan prosentase COPQ dihitung menghasilkan nilai masing – masing adalah : DPMO = 67879,14, level sigma = 2,99, dan prosentase COPQ = 6,79%.

Diagram pareto dapat digunakan untuk mengetahui jenis cacat yang paling sering terjadi pada cup 220 mililiter. Dengan bantuan software minitab 14, didapatkan diagram pareto berdasarkan variabel data cacat yang diperoleh selama penelitian rancangan percobaan faktorial seperti terlihat pada gambar berikut.

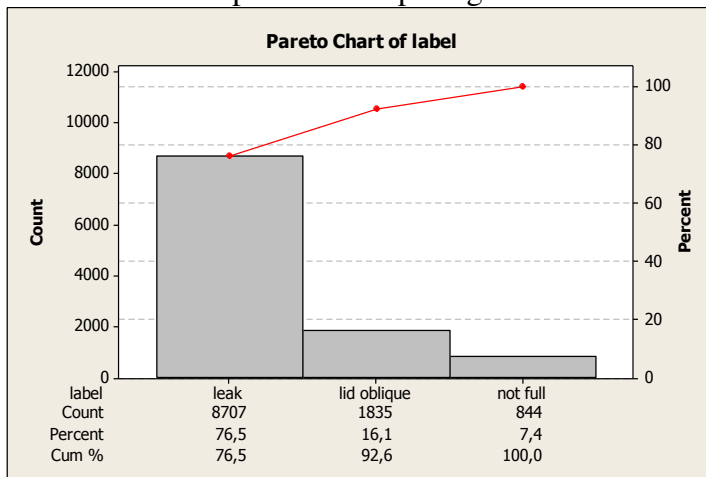


Diagram Pareto Jenis Cacat Air Mineral

Berdasarkan gambar diatas, didapatkan informasi bahwa jenis cacat paling tinggi pada cup 220 mililiter adalah bocor.

Analyze

Data cacat jenis bocor yang diperoleh pada langkah *measure*, akan digunakan pada analisis dengan rancangan percobaan faktorial. Data ini dipilih karena memiliki jumlah yang paling tinggi diantara jenis cacat yang lainnya, sehingga data ini merepresentasikan cacat yang terjadi.

Untuk melakukan analisis rancangan percobaan faktorial, data terlebih dahulu disajikan dalam *layout* data sesuai dengan *layout* pada rancangan percobaan faktorial. *Layout* data penelitian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel *Layout* Data Penelitian Rancangan Percobaan Faktorial

| Tekanan (KPa) | Ulangan | Suhu (°C) | | | |
|---------------|---------|-----------|-----|-----|-----|
| | | 205 | 210 | 215 | 220 |
| 150 | 1 | 179 | 180 | 182 | 185 |
| | 2 | 191 | 183 | 194 | 182 |
| | 3 | 183 | 175 | 174 | 167 |
| 200 | 1 | 173 | 171 | 179 | 187 |
| | 2 | 173 | 171 | 176 | 193 |
| | 3 | 176 | 173 | 180 | 189 |
| 250 | 1 | 187 | 186 | 190 | 187 |
| | 2 | 192 | 180 | 188 | 183 |
| | 3 | 178 | 187 | 185 | 187 |
| 300 | 1 | 181 | 173 | 185 | 190 |
| | 2 | 170 | 183 | 175 | 192 |
| | 3 | 172 | 166 | 190 | 184 |

Berdasarkan *layout* data tersebut didapatkan model linier rancangan percobaan faktorial sebagai berikut :

$$y_{ijk} = \bar{x} + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + e_{ijk}$$

dimana, $i = 1,2,3,4; j = 1,2,3,4; k = 1,2,3$.

dengan :

y_{ijk} adalah perlakuan pada ulangan ke k yang mendapat perlakuan faktor A (tekanan) taraf ke i dan faktor B (suhu) taraf ke j.

\bar{x} adalah rata-rata umum.

τ_i adalah pengaruh faktor A (tekanan) taraf ke i.

β_j adalah pengaruh faktor B (suhu) taraf ke j.

$(\tau\beta)_{ij}$ adalah pengaruh interaksi faktor A (tekanan) taraf ke i dan faktor B (suhu) taraf ke j.

e_{ijk} adalah komponen galat.

Tabel Analisis Variansi (ANOVA)

| Sumber Keragaman | Derajat Bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat Tengah |
|------------------|---------------|----------------|----------------|
| Tekanan | 3 | 363,73 | 121,24 |
| Suhu | 3 | 477,23 | 159,08 |
| Interaksi | 9 | 661,86 | 73,54 |
| Galat | 32 | 1050,667 | 32,83 |
| Total | 47 | 2553,48 | |

Pengujian yang digunakan untuk mengetahui apakah faktor – faktor *setting* mesin mempengaruhi jenis cacat bocor adalah uji F. Berikut adalah pengujian untuk masing masing faktor terhadap jenis cacat bocor dengan nilai $\alpha = 5\%$.

1. Pengaruh *setting* tekanan

Nilai statistik uji F yaitu :

$$F_0 = 3,69 \quad \text{dengan} \quad F_{tabel} = 2,90$$

$F_0 = 3,69 > F_{tabel} = 2,90$ maka H_0 ditolak. Ada pengaruh *setting* tekanan terhadap jenis cacat bocor.

2. Pengaruh *setting* suhu

Nilai statistik uji F yaitu :

$$F_0 = 4,84 \quad \text{dengan} \quad F_{tabel} = 2,90$$

$F_0 = 4,84 > F_{tabel} = 2,90$ maka H_0 ditolak. Ada pengaruh *setting* suhu terhadap jenis cacat bocor.

3. Pengaruh interaksi (*setting* tekanan dan *setting* suhu)

Nilai statistik uji F yaitu :

$$F_0 = 2,24 \quad \text{dengan} \quad F_{tabel} = 2,19$$

$F_0 = 2,24 > F_{tabel} = 2,19$ maka H_0 ditolak. Ada pengaruh interaksi *setting* tekanan dan *setting* suhu terhadap jenis cacat bocor.

Salah satu asumsi yang harus dipenuhi pada metode rancangan percobaan faktorial adalah normalitas residual data yang dihasilkan dari pengolahan data secara komputasi.

Uji normalitas Kolmogorov – Smirnov memberikan hasil bahwa data residual berdistribusi normal.

Uji Tukey's dilakukan untuk menentukan rata – rata cacat yang paling kecil berdasarkan hasil yang diperoleh pada masing – masing *setting* beserta interaksinya. Uji Tukey's memberikan hasil bahwa rata – rata terkecil dari *setting* tekanan adalah pada tekanan 200 KPa, rata – rata terkecil dari *setting* suhu adalah pada suhu 210 °C, dan rata – rata pada interaksi adalah pada tekanan 200 KPa dan suhu 210 °C. Sehingga, *setting* yang paling optimal adalah tekanan 200 KPa dan suhu 210 °C.

Improve

Pengujian normalitas data dilakukan ulang pada data yang diperoleh berdasarkan penerapan *setting* terbaik, pengujian ini dilakukan untuk memenuhi asumsi yang diperlukan untuk pembuatan grafik pengendali. Uji normalitas Kolmogorov – Smirnov memberikan hasil bahwa data sampel *setting* terbaik berdistribusi normal.

Grafik pengendali \bar{x} dan R dibuat ulang untuk mengetahui apakah data yang diperoleh berdasarkan penerapan *setting* terbaik terkendali atau tidak. Berdasarkan hasil yang diperoleh, menunjukkan bahwa data tersebut terkendali dengan nilai UCL = 105,97, $\bar{\bar{x}}$ = 100,54, dan LCL = 95,11 untuk grafik \bar{x} . Untuk grafik R didapatkan nilai UCL = 13,66, \bar{R} = 5,31, dan LCL = 0. Nilai Cp dan Cpk dihitung ulang menghasilkan Cp = 1,06 dan Cpk = 1,01.

DPMO, level sigma, dan prosentase COPQ dihitung menghasilkan nilai masing – masing adalah : DPMO = 31458,35, level sigma = 3,36, dan prosentase COPQ = 3,15%.

Control

Pada tahap ini, akan dilakukan evaluasi dengan cara membandingkan total cacat yang ditemukan selama proses produksi, nilai DPMO, level sigma perusahaan, nilai kapabilitas proses, serta nilai COPQ pada data sebelum penelitian dilaksanakan dengan *setting* tekanan 300 Kpa dan suhu 220 °C, selama penelitian dilaksanakan dengan *setting* yang disesuaikan dengan penelitian rancangan percobaan faktorial, dan sesudah mendapatkan *setting* terbaik yaitu dengan *setting* tekanan 200 Kpa dan suhu 210 °C. Perbandingan diberikan pada tabel berikut.

Tabel perbandingan DPMO, Level Sigma, Cp, Cpk, dan Persentase COPQ

| Data | Pre-Experiment (300 Kpa, 220 °C) | Proses Penelitian (<i>setting</i> penelitian) | Setting Terbaik (200 Kpa, 210 °C) |
|-----------------|-------------------------------------|---|--------------------------------------|
| Total Cacat | 80291 | 10413 | 3921 |
| DPMO | 166727,23 | 67879,14 | 31458,35 |
| Level Sigma | 2,47 | 2,99 | 3,36 |
| Cp | 1,02 | 1,05 | 1,06 |
| Cpk | 0,96 | 0,92 | 1,01 |
| Persentase COPQ | 16,67% | 6,79% | 3,15% |

5. KESIMPULAN

Rancangan percobaan faktorial pada penelitian ini, mendapatkan hasil berupa kombinasi *setting* mesin terbaik untuk proses produksi yang dilakukan oleh perusahaan. *Setting* yang dicobakan pada percobaan rancangan percobaan faktorial yaitu tekanan 150 KPa, 200 KPa, 250 KPa, dan 300 KPa dengan suhu 205 °C, 210 °C, 215 °C, dan 220 °C. Langkah DMAIC juga diterapkan untuk mengetahui apakah penelitian dengan rancangan percobaan faktorial yang dilakukan sesuai atau tidak. Penelitian menghasilkan *setting* mesin yang paling optimal untuk mesin yang memproduksi air mineral kemasan 220 mililiter yaitu tekanan 200 KPa dan suhu 210 °C.

Total cacat yang dihasilkan perusahaan dengan *setting* awal yaitu tekanan 300 Kpa dan suhu 220 °C adalah 80291 mengalami penurunan jika dibandingkan dengan total cacat yang didapat setelah mengaplikasikan *setting* terbaik tekanan 200 Kpa dan suhu 210 °C, yang menghasilkan cacat sebesar 3921. DPMO juga mengalami penurunan dari 166727,23 ke 31458,35. Level sigma perusahaan meningkat sebesar 0,89 sigma yaitu dari 2,47 menuju ke 3,36 dan persentase COPQ menurun dari 16,67% menuju ke 3,15%. Kapabilitas proses yang dilihat dari nilai Cp dan Cpk menunjukkan bahwa proses yang dilakukan perusahaan sudah kapabel, namun masih memungkinkan untuk ditingkatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Furterer, S.L. 2009. *Lean Six Sigma in Service : Application and Case Studies*. CRC Press : Boca Raton, FL.
- [2] Garvin, D. A. 1987. *Competing in the Eight Dimension of Quality*. Harvard Business Review, Sept.–Oct., 87(6), pp. 101 – 109.
- [3] Kotler, P., Keller, K.L. 2012. *Marketing Management*, 14th ed. Pearson Prentice – Hall : New Jersey, NJ.
- [4] Hoyle, David. 2007. *Quality Management Essentials*. Elsevier : Oxford, UK.
- [5] Montgomery, D.C. 2009. *Introduction to Statistical Quality Control*, 6th ed. John Wiley & Sons, Inc. : New Jersey, NJ.
- [6] Stamatis, D.H. 2000. *Six Sigma and Beyond : Foundations of Excellent Performance*. St. Lucie Press : Boca Raton, FL.
- [7] Toutenburg, H., Shalabh. 2009. *Statistical Analysis of Design Experiment*, 3rd ed. Springer : New York, NY.