

Pengendalian Kualitas Produk Air Minum Dalam Kemasan A3 Fresh O₂ di CV. Karunia Jaya Menggunakan Diagram Kendali *Improved Generalized Variance* dan T^2 Hotelling

Vidya Sukma Fitriyawan, Agus Suharsono, dan Haryono
Departemen Statistika, Fakultas Matematika Komputasi dan Sains Data,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: haryono@statistika.its.ac.id

Abstrak—Kebutuhan air minum di Indonesia saat ini terus meningkat. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia menyatakan bahwa setiap penyelenggara air minum wajib menjamin air minum yang diproduksinya aman bagi kesehatan. Saat ini, masyarakat lebih memilih untuk mengkonsumsi air minum dalam kemasan (AMDK) karena dianggap lebih hemat dan praktis. CV. Karunia Jaya merupakan salah satu perusahaan penghasil AMDK. Perusahaan harus senantiasa menjaga kualitas produknya agar memperoleh kepercayaan konsumen, maka pengendalian kualitas sangat diperlukan. Melalui pengendalian kualitas produk terhadap variabel pH dan Total Dissolved Solid (TDS), menggunakan diagram kendali univariat Individual dan Moving Range diketahui bahwa variabilitas dan rata-rata proses belum terkendali dengan beberapa penyebab, salah satunya adalah kondisi bahan baku yang beragam. Setelah dilakukan perbaikan dan evaluasi menggunakan diagram kendali Improved Generalized Variance dan T^2 Hotelling, diketahui bahwa variabilitas dan rata-rata proses telah terkendali secara statistik. Kapabilitas proses secara multivariat menunjukkan bahwa proses belum kapabel karena akurasi proses produksi yang rendah sehingga produk yang dihasilkan tidak sesuai dari target perusahaan. Meskipun demikian, produk yang dihasilkan telah memenuhi syarat yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional sehingga aman dikonsumsi masyarakat.

Kata Kunci—Diagram Kendali, *Individual*, *Moving Range*, *Improved Generalized Variance*, T^2 Hotelling, pH, Total Dissolved Solid.

I. PENDAHULUAN

KEBUTUHAN air minum tentu saja semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia. Saat ini, masyarakat mulai meninggalkan kebiasaan lama dalam mengolah air untuk dikonsumsi. Sebelumnya, masyarakat akan memasak air terlebih dahulu sebelum dikonsumsi guna membunuh bakteri di dalamnya. Saat ini, masyarakat lebih memilih untuk mengkonsumsi air minum dalam kemasan (AMDK) karena dianggap lebih hemat dan praktis. Dikutip dari presentasi oleh Wilem Petrus Riwo yang disampaikan dalam Sosialisasi Penerapan SNI Wajib Air Minum Kemasan Sesuai Peraturan Menteri Perindustrian No. 78 Tahun 2016, bahwa pertumbuhan produksi AMDK sejak tahun 2009 hingga 2015 mengalami rata-rata kenaikan 10 sampai 12 persen pertahun [1].

CV. Karunia Jaya merupakan salah satu perusahaan penyelenggara air minum atau penghasil AMDK di Indonesia, tepatnya terletak di Kabupaten Bondowoso, Jawa Timur. Produk AMDK yang diproduksi oleh perusahaan ini adalah air mineral A3 Fresh O₂ dalam kemasan gelas 220 mili liter, botol 600 mili liter dan dalam kemasan galon 19 liter. Perusahaan harus senantiasa menjaga kualitas produknya agar bisa memperoleh kepercayaan konsumen. Terlebih lagi apabila produk yang dihasilkan akan dikonsumsi oleh masyarakat. Menurut Montgomery, kualitas kebalikan dari variabilitas, semakin rendah variabilitas maka semakin tinggi kualitas suatu produk dan begitu pula sebaliknya [2]. Sangat penting bagi perusahaan untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi dari perusahaan, yang mana juga merupakan keinginan dari konsumen.

Penelitian ini bertujuan untuk memonitoring kualitas A3 Fresh O₂ kemasan gelas, serta untuk mengetahui kapabilitas prosesnya. Sebelumnya penelitian serupa pernah dilakukan oleh Wahyuningsih dan Pusdikarta mengenai analisis pengendalian kualitas multivariat air minum di PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) Gresik. Analisis dari penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat beberapa variabel yang belum terkendali secara statistik, yaitu variabel *Total Dissolved Solid* (TDS), Kesadahan, dan Suhu [3]. Penelitian ini akan menggunakan dua variabel yaitu pH dan TDS. Pengendalian kualitas akan dilakukan secara univariat dan multivariat seperti pada penelitian sebelumnya. Diagram kendali yang digunakan adalah diagram kendali *Individual-Moving Range*, *Improved Generalized Variance* dan T^2 Hotelling untuk data individu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Uji Hubungan Antar Variabel

Variabel $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$ dikatakan bersifat saling bebas (independen) jika matriks korelasi antar variabel membentuk matriks identitas. Uji independensi antar variabel ini dapat dilakukan dengan uji Bartlett sebagai berikut.

a. Menentukan hipotesis sebagai berikut :

$$H_0 : \rho = \mathbf{I} \text{ (matriks korelasi merupakan matriks identitas)}$$

$H_1 : \rho \neq \mathbf{I}$ (matriks korelasi bukan merupakan matriks identitas)

a. Menghitung statistik uji menggunakan persamaan 1.

$$\chi^2_{hitung} = -\left\{n-1-\frac{2p+5}{6}\right\} \ln|\mathbf{R}| \quad (1)$$

Keterangan:

n : Banyak data pengamatan

p : Banyak variabel yang digunakan

\mathbf{R} : Matriks korelasi

Daerah kritis yang digunakan dalam uji Bartlett ini adalah H_0 ditolak jika $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{\alpha;0,5p(p-1)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$.

Dengan demikian, kesimpulan yang dapat diambil adalah matriks korelasi bukan merupakan matriks identitas, yang berarti bahwa terdapat hubungan antar variabelnya [4].

B. Uji Distribusi Normal Multivariat

Uji distribusi normal multivariat dilakukan untuk mengetahui data hasil pengamatan mengikuti distribusi normal multivariat. Uji distribusi normal multivariat dilakukan dengan pengujian *Henzi Zinkler* dengan hipotesis sebagai berikut [5].

Hipotesis :

$H_0 : x_1, x_2, \dots, x_p$ berdistribusi normal multivariat

$H_1 : x_1, x_2, \dots, x_p$ tidak berdistribusi normal multivariat

Statistik uji :

$$HZ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n e^{-\frac{\beta^2 D_{ij}}{2}} - 2(1+\beta^2)^{\frac{p}{2}} \sum_{i=1}^n e^{-\frac{\beta^2 D_i}{2(1+\beta^2)}} + n(1+2\beta^2)^{-\frac{p}{2}}$$

Keterangan :

p : jumlah variabel

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{n(2p+1)}{4} \right)^{\frac{1}{p+4}}$$

$$D_{ij} = (x_i \ x_j) S^{-1} (x_i \ x_j)$$

$$D_i = (x_i \ \bar{x}) S^{-1} (x_i \ \bar{x}) = m_{ij}$$

D_i adalah jarak Mahalanobis kuadrat dari observasi ke- i terhadap *centroid* dan D_{ij} merupakan jarak Mahalanobis antara observasi ke- i dan ke- j . Jika pada tingkat signifikansi α , $HZ > HZ_{tabel}$ dan $P\text{-value} > \alpha$ maka sampel dapat dikatakan berasal dari populasi yang berdistribusi normal multivariat.

C. Diagram Kendali Univariat untuk Pengamatan Individu

Pengamatan individu biasanya terjadi apabila tingkat produksi rendah, atau tes yang dilakukan pada produk bersifat merusak. Diagram kendali *Moving Range* adalah diagram kendali univariat yang digunakan untuk memonitoring variabilitas proses. Nilai yang digunakan pada diagram kendali ini adalah selisih antar pengamatan dengan garis tengah (GT) dan batas kendali atas dan bawah (BKA dan BKB) sebagai berikut.

$$GT = \bar{R}$$

$$BKA = D_4 \bar{R}$$

$$BKB = D_3 \bar{R}$$

Dengan n (banyak pengamatan yang digunakan dalam *Moving Range*) = 2, maka $D_4 = 3,267$ dan $D_3 = 0$.

Selanjutnya diagram kendali X atau diagram kendali Individual digunakan untuk memonitoring rata-rata proses. Nilai yang digunakan pada diagram kendali ini adalah nilai pengamatan dengan garis tengah dan batas kendali sebagai berikut, dengan $n = 2$, maka $D_2 = 1,128$ [6].

$$GT = \bar{X}$$

$$BKA = \bar{X} + \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$BKB = \bar{X} - \frac{\bar{R}}{d_2}$$

D. Diagram Kendali Improved Generalized Variance

Salah satu alat untuk mengontrol variabilitas suatu proses. Variabilitas proses dapat digambarkan dari matrik varian kovarian. Diagonal utama dari matrik tersebut merupakan varians dan elemen lainnya adalah kovariannya. Diagram kendali ini berdasar pada selisih antar vektor pengamatan berturut turut sebagai berikut.

$$D = SS_{m+1} - SS_m$$

Dimana,

$$SS_m = \sum_{i=1}^m (X_i - \bar{X}_m)(X_i - \bar{X}_m)'$$

$$\bar{X}_m = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_i$$

Diagram kendali dapat disusun dengan menghitung nilai statistik F dengan persamaan sebagai berikut [7].

$$F = \sqrt{Tr(D^2)}$$

Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB) untuk diagram kendali *generalized variance* untuk pengamatan individu berikut ini,

$$BKA = cX_r^2$$

$$BKB = 0$$

dengan

$$c = \frac{Tr(S_m^2)}{Tr(S_m)}; r = \frac{\{Tr(S_m)\}^2}{Tr(S_m^2)}$$

Matriks kovarian pada diagram *Generalized Variance* yaitu

$$S_2 = \frac{1}{2} \frac{V'V}{(m-1)}, \quad (2)$$

dimana $V_i = X_{i+1} - X_i; i = 1, 2, \dots, m-1$. V_i adalah vektor selisih antara vektor data ke- i dan vektor data ke $i+1$, dalam matrik *successive different* ditulis sebagai berikut.

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} v'_1 \\ v'_2 \\ \vdots \\ v'_{m-1} \end{bmatrix}$$

E. Diagram Kendali T^2 Hotelling

Diagram kendali T^2 Hotelling merupakan salah satu diagram kendali multivariat yang mengontrol vektor rata-rata suatu proses. Berdasarkan hasil pengamatannya, diagram kendali T^2 Hotelling dibagi menjadi dua yaitu diagram kendali T^2 Hotelling untuk pengamatan subgroup dan diagram kendali

T^2 Hotelling untuk pengamatan individual. Selain itu untuk menggunakan rumusan T^2 Hotelling pada data multivariat variabel dibutuhkan asumsi normal multivariat. Statistik T^2 Hotelling Individual dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$T^2 = (x - \bar{x})' S^{-1} (x - \bar{x})$$

dimana \bar{x} merupakan vektor mean sampel dan S merupakan matriks kovarians sampel. Pada data observasi yang bersifat in-dividu, untuk sejumlah m observasi maka matriks kovarians sampel diestimasi dengan menggunakan persamaan (2). Batas kendali yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut [2].

$$BKA = \frac{(m-1)^2}{m} \beta_{\alpha; \frac{p}{2}; \frac{(m-p-1)}{2}}$$

$$BKB = 0$$

F. Kapabilitas Proses

Analisis kapabilitas proses merupakan suatu studi untuk menaksir kemampuan proses, yaitu apakah produk sudah memenuhi spesifikasi yang ditentukan atau belum. Diperlukan suatu ukuran kuantitatif untuk melihat kapabilitas proses, yaitu indeks kapabilitas, yang dapat digunakan untuk mengetahui kebaikan suatu proses. Berdasarkan standar 3-sigma, suatu produk dikatakan baik apabila memiliki indeks kapabilitas lebih dari 1,33. Indeks kapabilitas proses ini dapat dinyatakan dalam berbagai perhitungan yang berbeda.

Indeks kapabilitas proses C_p merupakan indeks kualitas proses terhadap spesifikasi. Berikut adalah rumus yang digunakan.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (3)$$

Untuk spesifikasi satu arah digunakan C_{pu} dan C_{pl} dengan rumus sebagai berikut.

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}, C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}$$

Indeks C_p tidak memperhitungkan perbedaan rata-rata proses terhadap rata-rata spesifikasi. C_{pk} merupakan perbaikan dari C_p dengan rumus sebagai berikut.

$$C_{pk} = \min(C_{pu}, C_{pl}) \quad (4)$$

Jika $C_p = C_{pk}$, proses terpusat di rata-rata spesifikasi, dan tidak terpusat bila $C_p < C_{pk}$. Perhitungan indeks C_p dan C_{pk} untuk data multivariat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$MC_p = \sum_{i=1}^p W_i C_{pi} \quad (5)$$

$$MC_{pk} = \sum_{i=1}^p W_i C_{pki} \quad (6)$$

Dimana MC_p dan MC_{pk} berturut-turut merupakan bentuk C_p dan C_{pk} dalam keadaan multivariat dengan W_i merupakan pembobot berdasarkan kepentingan dengan $\sum_{i=1}^p W_i = 1$. Nilai pembobot W_i disesuaikan dengan pembobot dari masing-masing karakteristik kualitas yang ditentukan oleh perusahaan, jika tidak ada maka pembobot dianggap sama [8].

G. CV. Karunia Jaya

CV. Karunia Jaya merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang produksi AMDK di Indonesia, tepatnya terletak di Desa Curahdami, Kabupaten Bondowoso, Jawa timur. Perusahaan yang berdiri sejak tahun 2003 ini memiliki tiga jenis produk AMDK, yaitu air mineral kemasan gelas 220 ml, kemasan botol 600 ml, dan air mineral dalam kemasan galon 19 liter. CV. Karunia Jaya memproses air mineral melalui sistem reserver osmosis yang berguna untuk meminimalisasi unsur anorganik dan memaksimalkan kadar oksigen, sehingga AMDK yang dihasilkan baik untuk kesehatan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sumber Data

Penelitian di CV. Karunia Jaya ini menggunakan data sekunder yang berupa *data record* pH dan *Total Dissolved Solid* (TDS) pada produk AMDK gelas ukuran 220 ml produksi Bulan Juni - September 2017. Pengecekan pH dan TDS pada produk akhir gelas ukuran 220 ml dilakukan empat kali pada keseluruhan proses produksi. Setiap hari akan diambil satu sampel produk akhir untuk dicek kadar pH dan TDS-nya menggunakan pH meter dan TDS meter, data inilah yang digunakan dalam penelitian. Selain data sekunder tersebut, data primer berupa wawancara dengan pihak perusahaan juga digunakan dalam penelitian.

B. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah dua karakteristik kualitas AMDK yaitu pH dan *Total Dissolved Solid* (TDS) dengan spesifikasi dari perusahaan dan Badan Standardisasi Nasional (BSN) seperti yang tertera pada tabel berikut.

Tabel 1.
Batas Spesifikasi Variabel

Variabel	Nama Variabel	Batas Spesifikasi	
		Perusahaan	BSN
x_1	pH	6.5 – 7.5	6 – 8.5
x_2	(<i>Total Dissolved Solid</i>)	50 – 90 mg/l	Maks 500 mg/l

C. Struktur Data

Adapun struktur data yang digunakan untuk memonitoring stabilitas kadar pH dan TDS pada produk AMDK gelas ukuran 220 ml pada CV. Karunia Jaya Bondowoso adalah seperti tertera pada Tabel 3.2. Pengamatan dilakukan selama tiga bulan dengan pengambilan satu sampel setiap hari, sehingga selama bulan Juni – September 2017 terdapat 79 pengamatan.

Tabel 2.
Struktur Data

Sampel (i)	Karakteristik Kualitas (j)	
	pH (X_1)	TDS (X_2)
1	X_{11}	X_{12}
2	X_{21}	X_{22}
\vdots	\vdots	\vdots
79	X_{791}	X_{792}

D. Langkah Analisis

Adapun langkah analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merumuskan masalah.
2. Mengumpulkan data yang diperlukan untuk mengatasi masalah.
3. Melakukan eksplorasi data untuk mengetahui karakteristik pada setiap variabel.
4. Menguji dependensi antar variabel untuk mengetahui apakah kedua variabel saling berhubungan.
5. Menguji normalitas data untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal multivariat.
6. Apabila data tidak berdistribusi normal, maka dilakukan monitoring variabilitas proses menggunakan diagram kendali *Moving Range* untuk masing-masing variabel.
7. Setelah proses terkendali, dilanjutkan memonitoring rata-rata proses menggunakan diagram kendali Individual.
8. Setelah rata-rata proses terkendali, dilakukan pengujian distribusi normal multivariat untuk mengetahui apakah data telah berdistribusi normal, sehingga monitoring menggunakan diagram kendali *Improved Generalized Variance* dan T^2 Hotelling dapat dilakukan.
9. Membuat diagram kendali *Improved Generalized Variance* untuk memonitoring variabilitas proses.
10. Memonitoring rata-rata proses dengan membuat diagram kendali T^2 Hotelling, setelah variabilitas proses terkendali.
11. Melakukan analisis menggunakan diagram Ishikawa untuk mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya data yang *out of control*.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Karakteristik Kualitas AMDK

CV. Karunia Jaya menetapkan bahwa produk AMDK yang memenuhi standard perusahaan adalah AMDK yang memiliki kadar pH 6,5 – 7,5, sedangkan untuk TDS adalah 50 – 90 mg/l Karakter kualitas pH dan TDS pada Bulan Juni –September 2017 dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3.
Karakteristik Kualitas AMDK

Variabel	Mean	Varians	Minimu m	Maximu m
pH	7,9215	0,057	7,40	8,60
TDS	125,9873	572,551	64,00	166,00

Berdasarkan tabel 3 diketahui bahwa nilai rata-rata pada kedua variabel lebih tinggi daripada batas spesifikasi yang ditentukan perusahaan, walaupun begitu variabel pH memiliki varians yang kecil. Artinya kadar pH pada produk cenderung bersifat homogen, sedangkan variabel TDS nilai varians cukup besar, artinya jarak antar data cukup tinggi.

B. Uji Dependensi antar Variabel

Sebelum memonitor pergeseran varians dan rata-rata kualitas produk, perlu dilakukan pemeriksaan apakah kedua variabel tersebut saling berhubungan/dependen. Berdasarkan

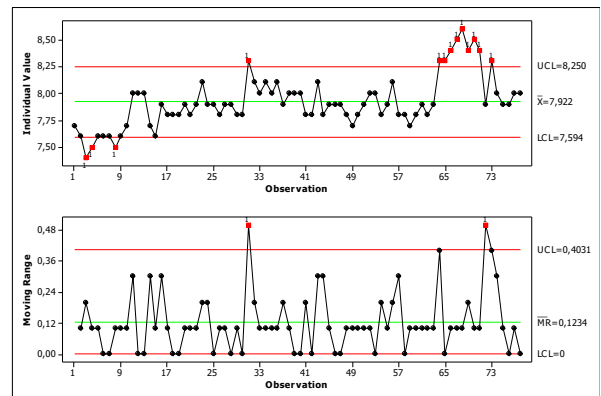
persamaan (1), diperoleh nilai *Chi-square* sebesar 23,864 dan *P-Value* 0,000, dengan *alpha* 0,05 dan derajat bebas 1, nilai *Chi-square* lebih besar dari nilai *Chi Square* tabel yaitu 3,841, Selain itu, *p-value* yang diperoleh adalah 0,000, dimana nilai tersebut kurang dari *alpha* 0,05, sehingga keputusan yang diambil adalah tolak H_0 yang artinya variabel pH dan TDS saling mempengaruhi.

C. Uji Normalitas Data

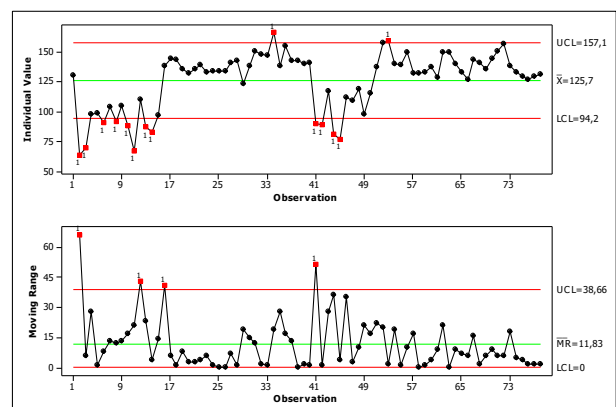
Asumsi yang perlu dipenuhi ketika akan memonitoring proses menggunakan diagram kendali multivariat *Improved Generalized Variance* dan T^2 Hotelling adalah kenormalan data. Pengujian normalitas data secara multivariat dilakukan menggunakan Heinzer Zikler (HZ) dan diperoleh *P-Value* 0,000 yang kurang dari nilai *alpha* 0,05 artinya tolak H_0 sehingga dapat disimpulkan bahwa data tidak berdistribusi normal multivariate. Apabila data tidak berdistribusi normal multivariat, selanjutnya monitoring proses akan dilakukan menggunakan diagram kendali univariat. Penggunaan diagram kendali univariat dalam penelitian ini selain untuk memonitoring proses, adalah juga untuk menangani data *outlier*.

D. Pengendalian Kualitas Menggunakan Diagram Kendali *Moving Range* dan *Individual*

Analisis secara univariat dilakukan tanpa mempertimbangkan hubungan antar variabel. Variabel pH dan TDS masing-masing akan dianalisis menggunakan diagram kendali *Individual-Moving Range* (I-MR) untuk mengetahui apakah proses produksi telah terkendali secara statistic dengan hasil sebagai berikut.



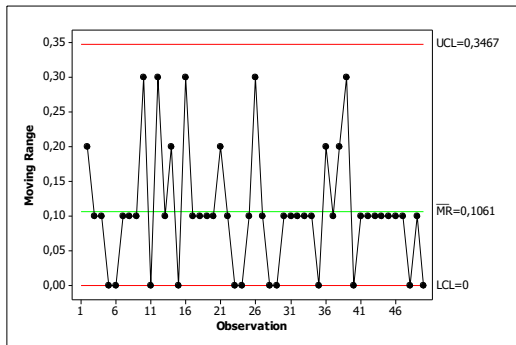
Gambar 1. Diagram Kendali *I-MR* pH.



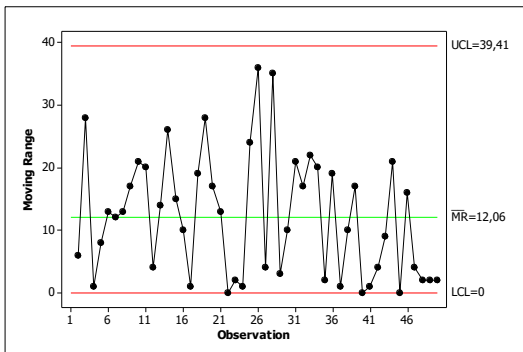
Gambar 2. Diagram Kendali I-MR TDS.

Pada Gambar 1 Diagram kendali MR pH, diketahui bahwa terdapat dua titik pengamatan yang melebihi batas kendali atas, yaitu pada pengamatan ke-31 dan 72. Lalu pada diagram kendali MR TDS dikethui terdapat 4 titik yang keluar dari batas kendali yaitu pada pengamatan ke-2, 12, 16, dan 41. Artinya variabilitas proses belum terkendali secara statistik.

Beberapa penyebab adanya pengamatan yang *out of control* yang dikelompokkan ke dalam 4 faktor. Faktor-faktor tersebut antara lain adalah faktor kualitas material, manusia, lingkungan dan mesin termasuk alat ukur untuk kualitas produk. Setelah titik-titik pengamatan yang melebihi batas kendali diketahui penyebabnya, maka proses diperbaiki dan diharapkan kondisi proses dapat terkendali. Lalu dibuat diagram kendali baru dengan hasil seperti pada Gambar 3 dan 4.

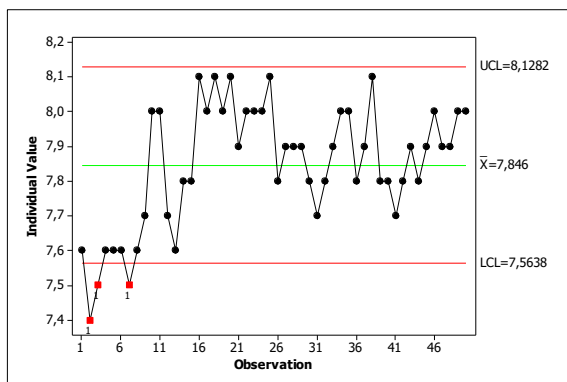


Gambar 3 Diagram Kendali Moving Range pH.

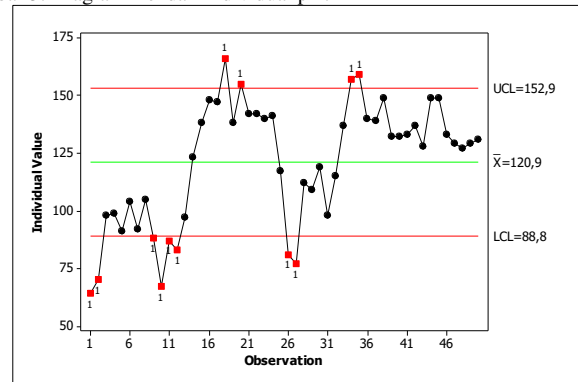


Gambar 4 Diagram Kendali Moving Range TDS

Sebelumnya pengendalian variabilitas proses telah dilakukan hingga variabilitas proses terkendali secara statistik. Evaluasi rata-rata proses dilakukan berdasarkan hasil data yang variabilitas prosesnya telah terkendali secara statistik. dengan hasil sebagai berikut.

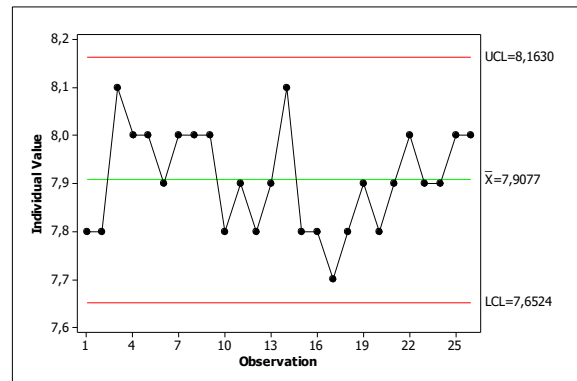


Gambar 5. Diagram Kendali Individual pH.

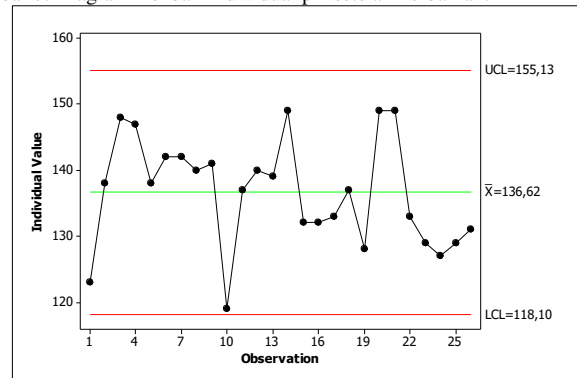


Gambar 6. Diagram Kendali Individual pH.

Pada gambar 5 dan 6 diketahui bahwa rata-rata proses belum terkendali secara statistik. Setelah penyebab adanya titik-titik pengamatan yang melebihi batas kendali diketahui, maka proses diperbaiki dan diharapkan kondisi proses dapat terkendali. Lalu dibuat diagram kendali baru dengan hasil seperti pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Diagram Kendali Individual pH setelah Perbaikan.



Gambar 8. Diagram Kendali Individual TDS setelah Perbaikan.

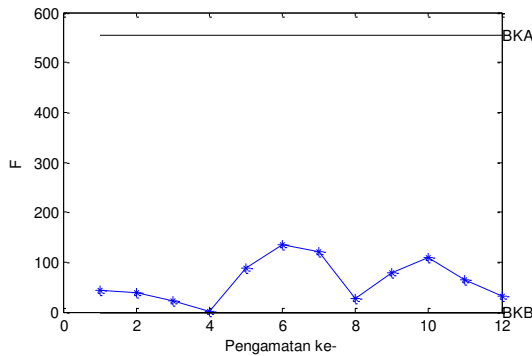
E. Uji Normalitas Data Setelah Perbaikan

Setelah melalui perbaikan pengujian normalitas data dilakukan kembali dan diperoleh *P-Value* 0,642. *P-Value* menunjukkan nilai lebih dari alpha 0,05 artinya gagal tolak H_0 sehingga dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal multivariat.

F. Pengendalian Kualitas Menggunakan Diagram Kendali Improved Generalized Variance dan T^2 Hotelling

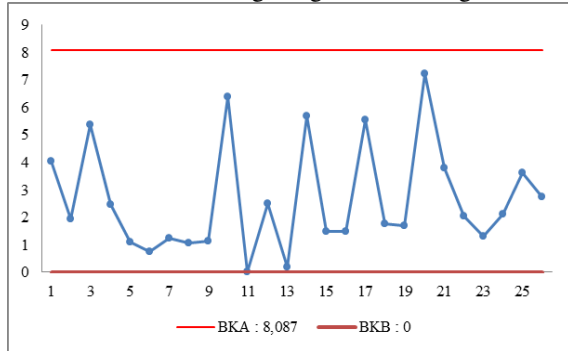
Apabila data setelah perbaikan telah memenuhi distribusi normal, pengendalian kualitas multivariat dapat dilakukan. Hal ini dilakukan karena diinginkan pengendalian kualitas yang lebih teliti. Diagram *Improved Generalized Variance* digunakan untuk mengevaluasi variabilitas proses, dengan hasil sebagai pada Gambar 9.

Penghitungan batas kendali atas (BKA) menghasilkan nilai sebesar 553,9 dan batas kendali bawah (BKB) bernilai 0. Berdasarkan BKA dan BKB yang telah diperoleh, tidak ada titik pengamatan yang keluar/melebihi batas kendali. Hal ini memberikan informasi bahwa variabilitas proses pada produksi AMDK, yang semula telah diperbaiki menggunakan diagram kendali univariat, telah terkendali secara statistik.



Gambar 9. Diagram Kendali *Improved Generalized Variance*.

Apabila variabilitas proses telah terkendali secara statistik, selanjutnya evaluasi rata-rata proses dapat dilakukan. Evaluasi rata-rata proses secara multivariat dilakukan menggunakan diagram kendali T^2 Hotelling dengan hasil sebagai berikut.



Gambar 10. Diagram Kendali T^2 Hotelling.

Nilai BKA dan BKB secara berurutan adalah sebesar 8,08 dan 0. Diagram kendali T^2 Hotelling pada Gambar 10 menunjukkan bahwa proses telah terkendali secara statistik. Meskipun demikian, data yang dieliminasi saat pengendalian kualitas secara individual cukup banyak, artinya untuk mencapai proses yang terkendali seperti ini, perusahaan perlu melakukan perbaikan dan *improvement* dalam proses produksinya.

G. Kapabilitas Proses

Vektor rata-rata dan variabilitas proses produksi AMDK A3 pada bulan Juni – September 2017 telah terkendali secara statistik setelah melalui beberapa perbaikan. Menggunakan

persamaan 3 diperoleh indeks kapabilitas secara univariat atau nilai C_p untuk variabel pH dan TDS secara berurutan adalah 1,96 dan 1,08. Presisi variabel pH dan TDS telah baik karena C_p bernilai lebih dari satu. Artinya variabilitas pada kedua variabel tersebut kecil. Sebaliknya akurasi produk cukup buruk karena C_{pk} pada kedua variabel bernilai negatif. C_{pk} variabel pH bernilai -1,6 dan TDS -2,52. Artinya produksi tidak sesuai target yang telah ditentukan perusahaan.

Selanjutnya indeks kapabilitas proses secara multivariat berdasarkan variabilitasnya (MC_p) dapat diketahui menggunakan persamaan 5. Berdasarkan indeks kapabilitas univariat, diperoleh nilai MC_p sebesar 1,52. artinya presisi proses baik karena variabilitas produk kecil. Lalu indeks kapabilitas proses multivariat berdasarkan rata-rata dapat diperoleh menggunakan persamaan 6. Berdasarkan nilai C_{pk} variabel pH dan TDS yang tertera pada Lampiran H diperoleh nilai MC_{pk} sebesar -2,06 artinya akurasi proses kurang baik, atau rata-rata yang dihasilkan dari proses ini belum memenuhi target yang telah ditentukan. Hal ini menghasilkan kapabilitas proses yang belum baik.

MC_{pk} yang bernilai negatif menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan berada di luar batas spesifikasi perusahaan. Hal ini terjadi karena perusahaan mempersempit batas spesifikasi dari Badan Standardisasi Nasional demi meningkatkan kualitas produknya. Artinya walaupun hasil produksi berada di luar spesifikasi perusahaan, AMDK A3 Fresh O_2 memenuhi spesifikasi BSN sehingga produknya aman untuk dikonsumsi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang dilakukan pada BAB IV, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Pengendalian kualitas secara univariat menunjukkan bahwa variabilitas dan rata-rata proses belum terkendali secara statistik, sehingga perlu dilakukan penanganan pada penyebab observasi yang *out of control*.
2. Proses yang telah diperbaiki dengan eliminasi observasi yang *out of control* menggunakan diagram kendali univariat dapat dianalisis menggunakan diagram kendali multivariat. Hasil yang diperoleh adalah variabilitas proses dan rata-rata proses terkendali secara statistik.
3. Analisis kapabilitas proses produksi AMDK A3 Fresh O_2 di CV. Karunia Jaya menunjukkan bahwa, presisi pada proses telah baik namun nilai akurasinya masih rendah. Meskipun demikian, A3 Fresh O_2 memenuhi persyaratan dari Badan Standardisasi Nasional sehingga masih aman dikonsumsi masyarakat.
4. Tidak terkendalnya proses produksi disebabkan oleh empat faktor yaitu, personel/manusia, bahan baku, lingkungan dan mesin yang di dalamnya termasuk pula alat ukur untuk karakteristik kualitas produk.

B. Saran

Berdasarkan kesimpulan hasil analisis, saran yang diberikan kepada CV. Karunia Jaya adalah sebagai berikut.

1. Evaluasi terhadap proses produksi harus dilakukan secara berkala, sehingga penangan terhadap produk yang tidak sesuai spesifikasi dapat segera dilakukan.
2. Kalibrasi terhadap alat ukur dan pelatihan terhadap pekerja diperlukan agar resolusi data serta kemampuan pekerja dalam membaca hasil pengukuran dapat ditingkatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- | | |
|---|--|
| <p>[1] W. Riwu, "Perkembangan Industri dan Penerapan SNI Air Minum Dalam Kemasan Secara Wajib. Sosialisasi Penerapan SNI Wajib Air Minum Kemasan," 2017.</p> <p>[2] D. Montgomery, <i>Introduction to Statistical Quality Control</i>. New Jersey: John Wiley & Sons, 2013.</p> | <p>[3] N. Wahyuningsih and D. Puskarta, "Analisis Pengendalian Kualitas Multivariat," Surabaya, 2005.</p> <p>[4] R. A. Johnson and D. W. Wichern, <i>Applied Multivariate Statistical Analysis</i>, 6th ed. Pearson Education, Inc, 2007.</p> <p>[5] S. Korkmaz, D. Goksuluk, and G. Zararsiz, "MVN: An R Package for Assessing Multivariate Normality," <i>R J.</i>, vol. 6, no. 2, pp. 2–3, 2014.</p> <p>[6] A. Mitra, <i>Fundamentals of Quality Control</i>. New York: Macmillan Publishing Company, 1993.</p> <p>[7] M. Djauhari, "A Multivariate Process Variability Monitoring Based on Individual Observations," 2010.</p> <p>[8] S. Raissi, "Multivariate process capability indices on the presence of priority for quality characteristics," <i>J. Ind. Eng. Int.</i>, pp. 27–36, 2009.</p> |
|---|--|