Membandingkan Grafik Kendali Shewhart dengan Grafik Kendali *Cumulative Sum* (Cusum) dalam Mendeteksi Pergeseran Rata-Rata Kekeruhan Air

Andi Nurhaedah*, Muhammad Kasim Aidid, & Sudarmin

Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar, Indonesia

Keywords: Pengendali kualitas, grafik kendali, grafik kendali Shewhart, grafik kendali Cusum, ARL, Kekeruhan Air.

Abstract:

Memonitoring proses produksi merupakan tindakan pengendalian kualitas yang harus dilakukan untuk melihat adanya pergeseran rata-rata, sehingga variasi dalam produksi dapat diminimalisir. Alat pengendalian kualitas yang digunakan untuk memonitoring pergeseran rata-rata adalah grafik kendali. Grafik yang paling sering digunakan adalah grafik kendali Shewhart sebab penggunaannya yang sederhana, namun informasi yang disampaikan pada grafik tersebut hanya berdasarkan titik gambar terakhir sehingga alternatif yang dapat digunakan adalah grafik Cusum. Kekeruhan air sebagai salah satu parameter kualitas air yang perlu dimonitoring sebelum didistribusikan sebab melewati batas maksimum 5 NTU (*Nephelometric Turbidity Units*) yang ditetapkan oleh pemerintah menandakan bahwa air tersebut aman untuk diminum. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan memonitoring produksi dengan membandingkan grafik kendali Shewhart dan grafik kendali Cusum dalam mendeteksi pergeseran rata-rata kekeruhan air. Sampel yang digunakan pada penelitian ini merupakan air sedimen produksi IPA 1 Ratulangi PDAM Kota Makassar yang diukur sekali setiap dua jam dengan jumlah data yang tercatat sebanyak 211 pengamatan dengan hasil yaitu grafik kendali Cusum lebih cepat dalam mendeteksi adanya pergeseran rata-rata, hal ini ditunjukkan dengan adanya pergeseran mulai terdeteksi pada pengamatan ketujuh dengan pengamatan yang berada diluar kendali sebanyak 205 amatan, dibandingkan Shewhart hanya mendeteksi 8 pengamatan yang berada di luar kendali. Hal ini didukung dengan evaluasi grafik kendali yang digunakan yaitu nilai *Average Run Length* (ARL) menunjukkan bahwa grafik kendali Cusum lebih cepat mendeteksi pergeseran rata rata kurang dari $2,5\sigma$ dibandingkan grafik kendali Shewhart baik digunakan untuk pergeseran 3σ atau lebih.

1. Pendahuluan

Bagi suatu perusahaan penting, kualitas produknya merupakan hal yang perlu diperhatikan sebab kualitas menjadi salah satu penyebab konsumen merasa puas dan loyal terhadap produk (Hidayati, 2014). Oleh sebab itu, pengendalian kualitas statistik dilakukan karena selain menjaga kualitas, meningkatkan kualitas produk dan meminimalisir kerugian produksi juga tujuan dari tindakan pengendalian kualitas dimana dengan menggunakan metode statistik akan memberikan cara-cara pokok dalam pengambilan sampel. Guna memonitoring proses produksi, alat pengendalian yang dapat digunakan adalah grafik kendali, dimana grafik yang sering digunakan adalah grafik kendali Shewhart sebab penggunaannya yang sederhana, namun informasi yang disampaikan hanya berdasarkan titik-titik tergambar terakhir sehingga digunakan grafik kendali Cusum yang mengakumulasi nilai-nilai sampel berdasarkan nilai target.

* Corresponding author.

E-mail address: aditio.putra@gmail.com

Grafik kendali memiliki kinerja yang baik jika mampu mendeteksi kejadian tidak terkendali lebih cepat sehingga salah satu cara mengevaluasi grafik kendali dengan memperoleh nilai *Average Run Length* (ARL) lebih kecil.

Kekeruhan air merupakan salah satu faktor yang harus diperhatikan sebelum air digunakan. sebab semakin keruh maka air tersebut semakin tidak baik untuk digunakan dimana menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 492/MENKES/ PER/IV/2010 kekeruhan air yang aman digunakan adalah maksimal 5 NTU. PDAM Kota Makassar sebagai salah satu perusahaan daerah yang memproduksi air bersih dimana pada tahun 2016 dinyatakan memiliki kualitas yang baik, namun tindakan monitoring terhadap produksi tetap harus dilakukan. Berdasarkan hal tersebut, untuk memonitoring produksi dengan mendeteksi pergeseran rata-rata yang ditunjukkan dari adanya kejadian tidak terkendali digunakan grafik kendali Shewhart dan grafik kendali Cusum untuk menunjukkan grafik yang efektif digunakan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Kualitas Produk

Produk merupakan output yang dihasilkan oleh suatu perusahaan untuk menarik perhatian konsumen di pasar. Kualitas produk mencerminkan keberhasilan suatu perusahaan karena kualitas produk menjadi aspek penting dalam meningkatkan kepuasan konsumen untuk menjaga loyalitas konsumen terhadap produk tersebut (Hidayat, 2009). Setiap produk mempunyai sejumlah parameter dalam menggambarkan kesesuaian penggunaannya, parameter tersebut merupakan ciri-ciri kualitas. Menurut Montgomery (1990) bahwa ciri-ciri kualitas ada beberapa jenis:

- a) Fisik (Panjang, berat, voltase, kekentalan)
- b) Indera (Rasa, penampilan, warna)
- c) Orientasi waktu (keandalan/ dapat dipercaya, dipelihara dan dirawat).

2.2. Pengendalian Kualitas Statistik

Menurut Montgomery (1990), pengendalian kualitas merupakan aktivitas keteknikan dan manajemen dimana aktivitas tersebut diukur ciri-ciri kualitas produknya, membandingkannya dengan spesifikasi atau persyaratan, dan mengambil tindakan perbaikan yang sesuai apabila terdapat perbedaan antara penampilan yang sebenarnya dengan standar yang ditentukan. Keunggulannya dalam setiap langkah proses produksi selain meningkatkan kualitas produksi sesuai standar yang ditentukan juga menekan atau meminimalisir biaya inspeksi dan biaya produksi disebabkan oleh kerusakan ataupun kerugian selama produksi.

Penggunaan metode statistik dalam pengendalian kualitas proses disebut pengendalian kualitas statistik. Tujuan pokok pengendalian kualitas statistik adalah menyidik dengan cepat terjadinya suatu kejadian tidak terkendali sehingga dapat dilakukan tindakan perbaikan secepatnya sebelum terlalu banyak unit yang tidak sesuai dengan standar produk diproduksi (Montgomery, 1990).

2.3. Grafik Kendali

Grafik kendali merupakan alat yang paling efektif untuk meminimalisir variabilitas dalam produksi. Montgomery (1990), terdapat 3 penggunaan pokok grafik kendali yaitu:

- a. Pemantauan dan pengawasan suatu proses.
- b. Pengurangan variabilitas proses.
- c. Penaksiran parameter produk atau proses.

Grafik kendali digunakan untuk membantu mendeteksi adanya penyimpangan dengan cara menetapkan batas-batas kendali. Adapun batas kendali tersebut adalah batas kendali atas/ *Upper control limit* (UCL), garis tengah/ *Central line* (CL), batas kendali bawah/ *Lower control limit* (LCL). *Out of control* atau kejadian di luar batas kendali merupakan suatu kondisi dimana karakteristik produk tidak sesuai dengan spesifikasi perusahaan ataupun keinginan pelanggan dan posisinya berada di luar batas kendali pada grafik kendali.

2.4. Grafik Kendali Shewhart

Grafik ini pertamakali dikemukakan oleh Dr. Walter A Shewhart. Grafik ini dibedakan atas grafik kendali atribut dan grafik kendali variabel. Grafik kendali variabel yang memiliki ukuran sampel $n=1$ disebut dengan grafik kendali individual. Banyak keadaan yang menggunakan ukuran sampel $n=1$ untuk pengendalian proses, hal ini sering terjadi apabila menggunakan teknologi pemeriksaan, pengukuran otomatis, setiap unit yang diperiksa dan juga jika tingkat produksi lamban untuk dapat menggunakan ukuran sampel $n > 1$ (Mongonery, 1990). penentuan batas-batas kendali pada grafik kendali pengukuran individual adalah (Montgomery, 1990).

$$UCL = \bar{\bar{x}} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

$$UCL = \bar{\bar{x}} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad (2.4)$$

$$CL = \bar{\bar{x}} \quad (2.5)$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad (2.6)$$

dengan

$\bar{\bar{x}}$ = rata-rata produksi

$\overline{MR}$ = rata-rata rentang bergerak dari dua observasi

Jika digunakan rentang bergerak $n = 2$ observasi, maka $d_2 = 1,128$.

2.5. Grafik Kendali Cumulative Sum (Cusum)

Grafik kendali *Cumulative Sum* (Cusum) diusulkan sebagai alternatif terhadap grafik kendali Shewhart, dimana grafik ini menghimpun secara langsung semua informasi dalam barisan nilai-nilai sampel dari nilai target. Keunggulan dari grafik kendali Cusum adalah mampu menghitung pergeseran rata-rata yang kecil. Cara tabular cusum dapat digunakan untuk menampilkan grafik kendali Cusum dengan cara mengakumulasi pergeseran di atas nilai target (*one-sided upper*) dan pergeseran di bawah nilai target (*one-sided upper*) yang dilambangkan dengan C_i^+ dan C_i^- . Pergeseran tersebut dapat dihitung dengan persamaan berikut (Montgomery, 2009)

$$C_i^+ = \max(0, x_i - (\mu_0 + K) + C_{i-1}^+) \quad (2.10)$$

$$C_i^- = \max(0, (\mu_0 - K) - x_i + C_{i-1}^-) \quad (2.11)$$

$$C_i^+ = C_i^- = 0 \quad (2.12)$$

dengan

C_i^+ = akumulasi pergeseran sampel ke i di atas nilai target

C_i^- = akumulasi pergeseran sampel ke i di bawah nilai target

x_i = pengamatan ke i

μ_0 = nilai target

K = nilai referensi

Dimana K diperoleh dari

$$K = k\sigma \quad (2.13)$$

Nilai *decision interval* $h=4$ atau $h=5$ dan nilai referensi $k = \frac{1}{2}$. umumnya memberikan performa ARL Cusum yang baik (Montgomery, 2009). Apabila nilai target tidak ditentukan dan ukuran sampel adalah satu maka dapat diestimasikan berdasarkan rata-rata produksi (Johnson, 2016)

$$\mu_0 = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{m} \quad (2.8)$$

dan

$$\sigma = \frac{\overline{MR}}{d_2(2)} \quad (2.9)$$

Batas kendali tabular Cusum dapat diperoleh dengan cara berikut

$$UCL = H = h\sigma \quad (2.15)$$

$$LCL = -H \quad (2.16)$$

2.6. Average Run Length (ARL)

ARL merupakan salah satu cara untuk mengevaluasi grafik kendali yang menunjukkan rata-rata jumlah observasi yang harus diplot sebelum terjadi sinyal ketidakterkendalian. Semakin kecil nilai ARL dari suatu grafik kendali maka grafik tersebut semakin cepat mendeteksi ketidak terkendalian.

a. ARL untuk Shewhart

Nilai ARL pada Shewhart dapat diperoleh sebagai berikut

$$ARL_1 = \frac{1}{1-\beta} \quad (2.19)$$

dengan β menunjukkan peluang untuk tidak mendeteksi perubahan dalam proses pada sampel pertama setelah perubahan terjadi maka dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut

$$\beta = \Phi(L - k\sqrt{n}) - \Phi(-L - k\sqrt{n}) \quad (2.21)$$

dimana Φ dinotasikan dinotasikan normal standar fungsi distribusi kumulatif

L = Batas pengendali sigma

k = besar pergeseran yang ingin disidik

n = ukuran sampel

b. ARL untuk Shewhart

Nilai ARL pada Shewhart dapat diperoleh sebagai berikut

$$ARL = \frac{\exp(-2\Delta b) + 2\Delta b - 1}{2\Delta^2} \quad (2.22)$$

Dimana jika $\Delta \neq 0$ maka $\Delta = \delta^* - k$ untuk *upper one sided* cusum C_I^+ dan $\Delta = -\delta^* - k$ untuk *lower one sided* cusum C_I^- , $b = h + 1,666$ dan $\delta^* = (\mu_1 - \mu_0)/\sigma$. Jika $\Delta = 0$ maka $ARL = b^2$, kuantitas δ^* mewakili pergeseran rata-rata dalam satuan sigma untuk menghitung ARL. Adapun untuk ARL Cusum dua arah adalah sebagai berikut (Montgomery, 2009)

$$\frac{1}{ARL} = \frac{1}{ARL^+} + \frac{1}{ARL^-} \quad (2.23)$$

2.7. Kekeruhan Air (Turbiditas)

Kekeruhan air adalah salah satu parameter yang digunakan untuk menentukan kelayakan air yang baik untuk dikonsumsi. Tingkat kekeruhan air disebut juga turbiditas yang menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat didalam air. Kekeruhan air disebabkan oleh adanya bahan organik atau anorganik yang tersuspensi dan terlarut seperti pasir atau tanah halus (Lagu dkk, 2016). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 492/MENKES/ PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum, kekeruhan air sebagai salah satu parameter wajib dalam menentukan kualitas air minum menetapkan tingkat kekeruhan air yang aman digunakan yaitu maksimal 5 NTU.

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Makassar merupakan salah satu perusahaan daerah yang memproduksi air bersih. Menurut Sutjono dkk (2012) bahwa dalam pengolahan air, monitoring diperlukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan antara target dan hasil yang didapatkan sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan tergantung dari seberapa sering dan jenis ketidakterkendalian yang muncul.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian terapan dengan metode deskriptif dimana data diperoleh dari Instalasi Penjernihan Air (IPA) I Ratulangi PDAM Kota Makassar.. Kekeuhan air yang digunakan pada penelitian ini adalah air sedimen yang diukur setiap dua jam selama satu bulan dengan banyak pengamatan yang tercatat adalah 211 pengamatan.. Adapun langkah analisis yang dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut

- a. Melakukan penginputan data
- b. Membuat deskriptif data
- c. Melakukan analisis dengan grafik kendali Shewhart dan grafik kendali *Cumulative Sum* (Cusum)
 - 1) Grafik kendali Shewhart
Langkah-langkah menyusun grafik kendali Shewhart sebagai berikut:
 - a) Menghitung rata-rata sampel ($\bar{x}$)
 - b) Menghitung rentang rata-rata bergerak dua observasi yang berurut ($\overline{MR}$)
 - c) Menentukan batas kendali atas/ *Upper Control Limit* (UCL) dan batas kendali bawah/ *Lower Control Limit* (LCL) berdasarkan persamaan (2.4) dan (2.6)
 - d) Menentukan *Average Run Length* (ARL) grafik kendali Shewhart
 - 2) Grafik kendali Shewhart
Langkah-langkah menyusun grafik kendali Cusum sebagai berikut:
 - a) Menghitung nilai target berdasarkan rata-rata apabila nilai target tidak diketahui dengan menggunakan persamaan (2.8)
 - b) Hitung *one-sided upper* dan *lower Cusum* menggunakan persamaan (2.10) dan (2.11)
 - c) Menentukan batas kendali Cusum berdasarkan persamaan (2.15) dan (2.16)
 - d) Menentukan ARL grafik kendali Cusum
- d. Membandingkan kinerja dari grafik kendali Shewhart dan grafik kendali Cusum berdasarkan ARL terkecil yang diperoleh
- e. Mengambil kesimpulan dari hasil yang diperoleh.

4. Hasil dan Pembahasan

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dengan membanding grafik kendali Shewhart dengan grafik kendali Cusum untuk memonitoring kekeruhan yakni dalam mendeteksi pergeseran rata-rata yang ditunjukkan dengan kejadian tidak terkendali diperoleh bahwa grafik kendali Cusum lebih cepat dalam mendeteksi pergeseran rata-rata sebab selain menunjukkan lebih banyak pengamatan yang berada di luar batas kendali yaitu 205 pengamatan, grafik tersebut menunjukkan kejadian tidak terkendali pada sampel ketujuh. Sedangkan grafik kendali Shewhart lebih lambat mendeteksi terjadinya pergeseran rata-rata yakni ketidak terkendali terlihat pada pengamatan ke-73 dengan banyak pengamatan yang berada di luar batas kendali adalah 8 pengamatan. Selain itu, kinerja grafik kendali yang diperoleh berdasarkan nilai ARL diperoleh hasil bahwa grafik kendali Cusum lebih cepat mendeteksi pergeseran rata-rata kurang atau sama dengan $2,5\sigma$ sedangkan grafik kendali Shewhart lebih cepat mendeteksi pergeseran rata-rata 3σ atau lebih.

References

- Gusril, H. (2010). Studi Kualitas Air Minum PDAM di Kota Duri Riau. *Geografi*, 8(8).
- Hakam, M. (2017). *Perbandingan Grafik Kendali Cusum (Cumulative Sum) dan EWMA (Exponentially Weighted Moving Average) dalam Pengendalian Kualitas Produksi Pipa Besi pada PT Pacific Angkasa Abadi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hidayat, R. (2009). *Pengaruh Kualitas Layanan, Kualitas Produk dan Nilai Nasabah Terhadap Kepuasan dan Loyalitas Nasabah Bank Mandiri*. 59–72.
- Hidayati, N. (2014). *Preferensi Konsumen dan Pengaruh Kualitas Produk Sayuran Organik Terhadap Kepuasan Konsumen dalam Membentuk Loyalitas Pelanggan*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

- Johnson, C. (2016). *Estimation Error in Statisical Process Control*. Unicersity of stavanger.
- Lagu, A. M. H. ., Amansyah, M., & Mubarak, F. (2016). Gambaran Penyediaan Air Bersih PDAM Kota Makassar Tahun 2015. *Public Health Science Journal*, 8(2), 171–179.
- Montgomery, D. (2009). *Introduction To Statistical Quality Control* (Sixth). United States of America.
- Montgomery, D. (1990). *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 492/MENKES/ PER/IV/2010. (n.d.).
- Saida, L. (2011). *Analisis Penerapan Bagan Pengendali Jumlah Kumulatif Untuk Mendeteksi Pergeseran Rata-Rata Proses*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Sukoco, A., & Soebandhi, S. (2012). *Modul_9_Statistik_Proses_Control (1)*.
- Syarifuddin, S., Herdiana, E. T., & Af, M. S. (2018). *Perbandingan Bagan Kendali Modifikasi Shewhart dan Bagan Kendali ARMAST pada ARMA (1 , 1)*. 15(1), 75–87.
- Sutjono, S., Simatupang, O. M., & Kencana Wulan, M. (2012). *Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM)*. Jakarta Selatan