



Pengendalian Kualitas Produksi Air Minum dalam Kemasan (AMDK) Menggunakan Diagram Kendali MCUSUM dan MEWMA

(*Quality Control of Bottled Drinking Water Production Using MCUSUM and MEWMA Control Charts*)

Kurnia Mahraini Kartika Sari¹, Lisa Harsyiah^{2*}, Zulhan Widya Baskara²

1. Program Studi Matematika, Universitas Mataram, Indonesia.

2. Program Studi Statistika, Universitas Mataram, Indonesia.

ABSTRACT

Quality control in the water production process at PT. X is an essential activity to ensure the quality of packaged drinking water (AMDK) is fit for consumption. Therefore, the water quality of PT. X production must always be closely monitored. To guarantee the safety of drinking water, it must meet microbiological, radioactive, Physical, and chemical requirements according to the regulations stipulated in the Indonesian Ministry of Health Regulation Number 2 of 2023. Quality control is performed using MEWMA and MCUSUM control charts since these control charts can detect shifts in the process mean. The results of applying MCUSUM and MEWMA control charts indicate that the water production quality is statistically out of control. After monitoring, it was found that PH is the most influential variable causing out-of-control situations. An ARL test was conducted to obtain a control chart with the best performance, where a smaller ARL value indicates better sensitivity in detecting shifts in the process mean. The MCUSUM control chart outperforms the MEWMA control chart, with an ARL value of 2 and parameters $k = 0.5$ and $h = 2.75$, compared to ARL MEWMA of 5 with weighting parameter $\lambda = 0.1$ and $UCL = 12.72$.

Keywords: AMDK; MCUSUM; MEWMA; ARL

ABSTRAK

Pengendalian kualitas pada proses produksi air di PT.X merupakan kegiatan yang dilakukan untuk memastikan kualitas produksi air minum dalam kemasan (AMDK) layak untuk dikonsumsi. Oleh karena itu, kualitas air produksi PT.X harus selalu diperhatikan. Untuk menjamin keamanan air minum, harus memenuhi persyaratan mikrobiologi, radioaktif, fisika, dan kimiawi sesuai ketentuan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023. Bagan kendali MEWMA dan MCUSUM dipakai guna pengendalian mutu karena keduanya memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi penyimpangan dalam rata-rata proses. Penerapan bagan kendali MCUSUM dan MEWMA menunjukkan bahwa mutu keluaran air tidak diatur secara statistik. Setelah pengamatan yang cermat, ditentukan bahwa variabel PH memiliki dampak paling signifikan terhadap terjadinya situasi di luar kendali. Uji ARL dilakukan untuk menentukan bagan kendali yang menunjukkan kinerja optimal. Nilai ARL yang lebih rendah menunjukkan bagan kendali yang lebih efektif dan responsif dalam mengidentifikasi penyimpangan dalam rata-rata proses. Diagram kendali MCUSUM memiliki kinerja lebih baik dibanding diagram kendali MEWMA dimana nilai ARL MCUSUM sebesar 2 dengan nilai parameter $k = 0.5$ dan $h = 2.75$ sedangkan

* Corresponding author

e-mail: lisa_harsyiah@unram.ac.id



ARL MEWMA sebesar 5 dengan nilai pembobot $\lambda = 0.1$ dan $BKA = 12.72$.

Keywords: AMDK; MCUSUM; MEWMA; ARL

Diterima: 12-08-2025;

Doi: <https://doi.org/10.29303/semeton.v2i2.324>

Disetujui: 13-08-2025;

1. Pendahuluan

Air ialah benda dari alam yang sangat penting bagi manusia, terutama untuk keperluan minum. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 [1], air minum yang bersih harus dijaga kebersihannya dari pencemaran, hewan pembawa penyakit, dan habitatnya, serta memiliki karakteristik fisik yang tidak berbau, jernih, tawar, tidak terpapar sinar matahari langsung, dan bebas endapan [2]. WHO dan UNICEF melaporkan bahwa 844 juta orang kekurangan akses air minum layak, dengan 4 miliar kasus penyakit terkait air tiap tahun dan 3,4 juta kematian anak akibat diare. Pengendalian dan peningkatan kualitas air sangat penting [3].

Peningkatan kualitas produk dilakukan melalui pengujian kualitas air menggunakan parameter fisik, kimia, dan mikrobiologis [4]. Parameter penting meliputi PH, TDS, suhu, dan kekeruhan, yang memengaruhi kualitas air minum dan kesehatan konsumen [5]. Pengendalian kualitas secara berkelanjutan diperlukan untuk memastikan parameter ini tetap dalam rentang yang diizinkan. Diagram kendali adalah metode efektif untuk memantau dan mengontrol kualitas produk, dengan diagram kendali multivariat seperti T^2 Hotelling, PCA chart, *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA), dan *Multivariate Cumulative Sum* (MCUSUM) diketahui bahwa MCUSUM dan MEWMA merupakan diagram kendali yang memiliki sensitifitas yang tinggi bagi pergeseseran rata-rata kecil dan memiliki kemampuan deteksi dini lebih tinggi dibanding diagram kendali lain, serta efisien dalam mengidentifikasi vektor rata-rata kecil. Bagan kendali MEWMA tahan bagi asumsi distribusi normal [6]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan [7] telah menunjukkan bahwa bagan kendali MEWMA lebih sensitif dalam menganalisis kualitas lulusan PS Matematika FMIPA UNRAM tahun 2012-2018 dibandingkan T^2 Hotelling. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan perbandingan MEWMA dan MCUSUM untuk membandingkan bagan kendali yang memiliki kinerja yang lebih baik.

PT. X, perusahaan AMDK di Nusa Tenggara Barat, harus menjaga kualitas produk seperti botol 600 ml, cup 220 ml, gallon, dan botol 1500 ml. Memastikan parameter kualitas air sesuai standar penting untuk menjaga kepercayaan pelanggan dan mengurangi kerugian. Evaluasi kinerja diagram kendali MCUSUM dan MEWMA dilakukan untuk menentukan metode yang paling efektif dalam menjaga kualitas air minum PT. X.

2. Metode

Instrumen utama yang dipakai pada riset ini adalah laptop dengan bantuan perangkat lunak statistik. Penelitian ini melibatkan data sekunder yang diperoleh dari PT. X pada bulan Mei 2023 sampai dengan Juli 2023. Secara spesifik, data yang digunakan adalah hasil pemeriksaan mutu AMDK yang meliputi 4 variabel yang merupakan parameter wajib sebagaimana ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang persyaratan mutu air minum. Variabel penelitian yang termasuk pada riset ini yakni:

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Satuan	Batas Spesifikasi
PH(X_1)		6.5-8.5
TDS (X_2)	mg/l	< 300
Suhu (X_3)	°C	24 – 30
Kekeruhan (X_4)	NTU	< 3

Adapun Langkah - langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Uji normalitas data. Pengujian dilakukan untuk melihat apakah data produksi air mineral mengikuti distribusi normal. Pengujian asumsi normalitas data menggunakan Kolmogorov Smirnov [8].
2. Membuat diagram kendali MCUSUM dengan cara menghitung statistic MC1 menggunakan persamaan (1) berikut [9]:

$$MC1_t = \max \{ \|C_t\| - kn_t, 0 \} \quad (1)$$

dimana:

$MC1_t$ = statistic MC1 untuk pengamatan ke- t , $t = 1, 2, 3, \dots, n$

$\|C_t\|$ = norma C_t yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\|C_t\| = \sqrt{C_t' S^{-1} C_t}$$

dengan:

$$C_t = \sum_{i=t-n_t+1}^t (X_i - \mu_0) \quad \text{dan} \quad n_t = \begin{cases} n_{t-1} + 1 & \text{jika } MC1_{t-1} > 0 \\ 1 & \text{jika sebaliknya} \end{cases}$$

k = nilai referensi atau nilai *slack*. Nilai k yang digunakan yaitu 0.5.

3. Membuat diagram kendali MEWMA dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [10]:

$$M_i = Z_{ij}^T S_{zij}^{-1} Z_{ij} \quad (2)$$

Dimana

$$S_{zij} = \frac{\lambda}{2 - \lambda} [1 - (1 - \lambda)^{2i}] S \quad (3)$$

4. Melakukan monitoring penyebab data out of control pada diagram kendali MCUSUM dan MEWMA
5. Analisis Average Run Length (ARL) pada diagram kendali MCUSUM dan MEWMA. Adapun persamaan ARL dirumuskan sebagai berikut [11]:

$$\frac{1}{\alpha} \quad (4)$$

dimana α adalah probabilitas bahwa suatu titik melebihi batas pengendali.

6. Menarik Kesimpulan dari ARL yang diperoleh kedua diagram kendali.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Uji Normalitas Multivariat

Sebelum membuat diagram kendali MCUSUM dan MEWMA, dilakukan uji normalitas multivariat bertujuan guna mengevaluasi apakah data memiliki distribusi normal atau tidak. Uji normalitas multivariat menggunakan statistik uji d_i^2 dengan hipotesis:

H_0 : Data berdistribusi normal multivariat

H_1 : Data tidak berdistribusi normal multivariat

Dengan statistik uji adalah:

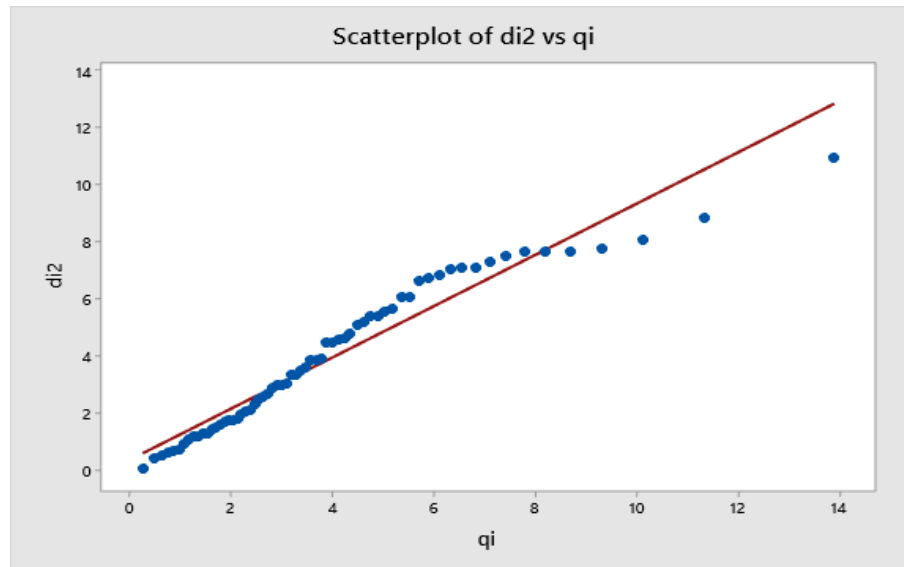
$$d_i^2 = (X_i - \bar{X})' S^{-1} (X_i - \bar{X}) \quad \text{dan} \quad q_i = \chi^2_{\left[\left(\frac{n-i+0.5}{n}\right), m\right]}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh jarak $d_i^2 \leq q_i$ dari keseluruhan sampel sebagai berikut:

Persentase

$$d_i^2 \leq q_i = \frac{38}{65} \times 100\% = 58.46\%$$

Selanjutnya dibuat scatter plot semua nilai d_i^2 dan q_i dengan koordinat titik $(d_i^2; q_i)$ sebagai berikut:



Gambar 1. Scatter Plot Uji Normalitas Multivariat

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa titik-titik plot nilai $(d_i^2; q_i)$ keseluruhan data membentuk garis lurus, sehingga data yang telah diuji memenuhi asumsi distribusi normal multivariat serta diperoleh nilai persentase $d_i^2 \leq q_i$ sebesar 58.46%. Dengan kata lain terdapat statistik uji $d_i^2 \geq 50\%$ sehingga H_0 gagal ditolak, yang berarti data memenuhi uji normalitas multivariat

3.2. Diagram Kendali MCUSUM

Setelah data memenuhi asumsi bahwa data berdistribusi normal multivariat, maka dilakukan perhitungan $MC1_i$ untuk pengamatan pertama dengan perhitungan sebagai berikut:

$$C_t = \sum_{i=t-n_t+1}^t (X_i - \mu_0)$$

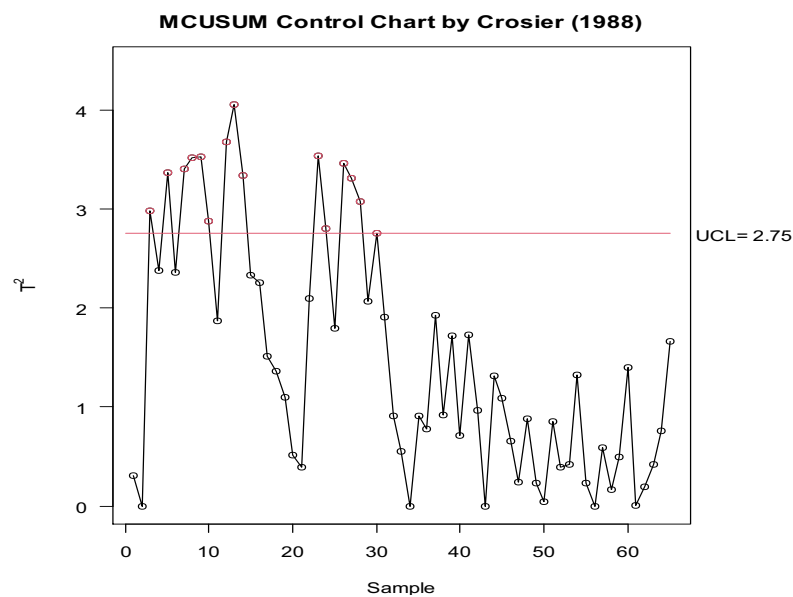
Dimana dihitung nilai $MC1_t$ untuk 65 data ($t = 65$) dengan contoh perhitungan C_1 (pengamatan 1) diperoleh selisih dari vektor data pengamatan pertama dari ke empat variabel dengan vektor rata-rata keempat variabel sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C_1 &= (6.77 \quad 61 \quad 26 \quad 0.98)' - (6.98 \quad 61.7923 \quad 26.8769 \quad 0.83185)' \\ &= (-0.21 \quad -0.7923 \quad -0.8769 \quad 0.1482) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\|C_1\| &= \sqrt{C_1' S^{-1} C_1} \\
&= (-0.21 \quad -0.7923 \quad -0.8769 \quad 0.1482) \times \begin{bmatrix} 44.3915 & 0.0285 & -0.5781 & -3.6001 \\ 0.0285 & 0.0432 & -0.0154 & -0.01587 \\ -0.5781 & -0.0153 & 0.4811 & 0.2806 \\ -3.6001 & -0.5781 & 0.2806 & 7.2577 \end{bmatrix} \\
&\quad \times \begin{bmatrix} -0.21 \\ -0.7923 \\ -0.8769 \\ 0.1482 \end{bmatrix} \\
&= 2.4443^{1/2} \\
&= 1.5634
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
MC1_1 &= \max \{ \|C_1\| - kn_1, 0 \} \\
&= \max \{ 1.5634 - (0.5)(1), 0 \} \\
&= 1.0634
\end{aligned}$$

Selanjutnya untuk $MC1_2$ sampai $MC1_{65}$ dapat dilakukan dengan menggunakan cara yang sama seperti pada perhitungan $MC1_1$. Adapun hasil plot menggunakan diagram kendali MCUSUM adalah sebagai berikut:

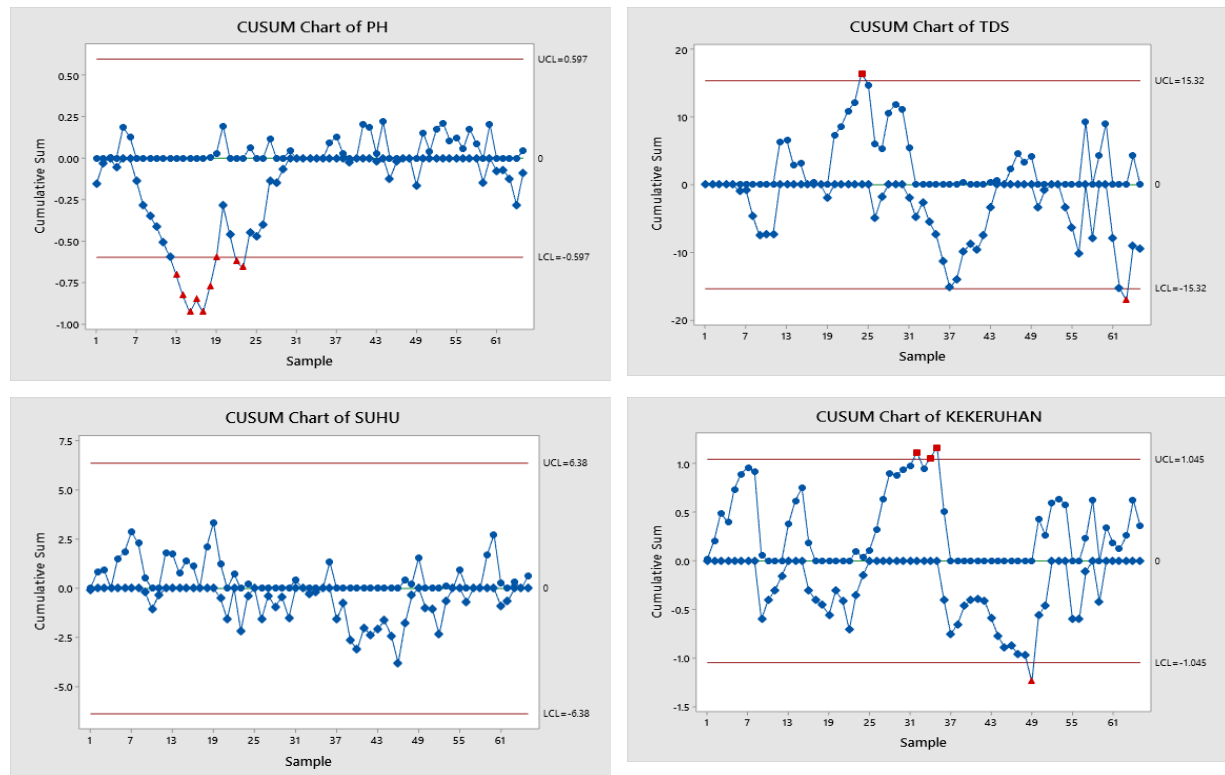


Gambar 2. Pengendalian proses menggunakan diagram kendali MCUSUM

Gambar 2 menampilkan diagram kontrol MCUSUM, yang dengan jelas menunjukkan nilai BKA sebesar 2,75. Ada tepat 15 titik data yang tidak berada dalam batas yang dapat diterima yaitu pada data ke- 3, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 23, 24, 26, 27, 28, dan data ke 30.

3.3. Monitoring Penyebab Out Of Control

Untuk mengidentifikasi penyebab data yang keluar dari kendali pada diagram kendali MCUSUM, dilakukan pemantauan menggunakan diagram kendali univariat CUSUM untuk setiap variabel pengamatan. Hasil pemantauan menggunakan diagram kendali univariat CUSUM dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Pengendalian proses data PH, TDS, Suhu, dan Kekeruhan Air Minum

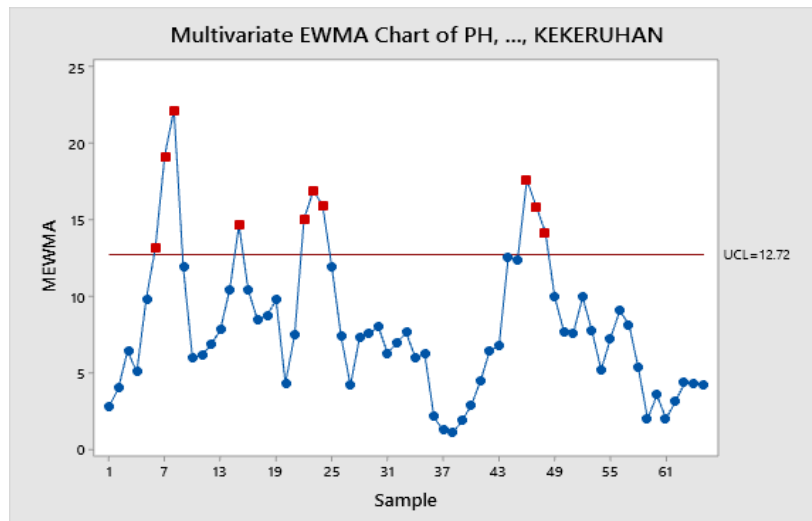
Berdasarkan hasil pemantauan menggunakan diagram kendali univariat CUSUM menunjukkan bahwa variabel PH memiliki dampak yang signifikan terhadap data yang keluar dari batas kendali dibandingkan dengan variabel lainnya. Variabel PH menunjukkan jumlah data yang berada di luar batas kendali tertinggi, yakni sejumlah 9 data. Hal ini mengindikasikan adanya fluktuasi tingkat keamanan atau kebiasaan air. Oleh karena itu, variabel PH memerlukan perhatian khusus. Tindakan korektif atau investigasi lebih lanjut mungkin diperlukan untuk memastikan bahwa kualitas air minum tetap memenuhi standar yang ditetapkan.

3.4. Diagram Kendali MEWMA

Pada bagian ini akan dilakukan perhitungan nilai M_i yang akan di plot pada diagram kendali MEWMA. Perhitungan nilai M_i untuk pengamatan pertama dapat dilakukan dengan langkah berikut:

$$\begin{aligned}
 M_1 &= \mathbf{Z}_1^T \cdot \mathbf{S}_{Z_1}^{-1} \cdot \mathbf{Z}_1 \\
 &= [-0.1362 \quad -0.0164 \quad -0.0595 \quad 0.0388] \\
 &\quad \times \begin{bmatrix} 4428.6285 & 2.8595 & -57.9294 & -360.5334 \\ 2.8595 & 4.3323 & -1.5365 & -1.5920 \\ -57.9294 & -1.5365 & 48.1165 & 28.1145 \\ -360.5334 & -1.5920 & 28.1145 & 725.7286 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -0.1362 \\ -0.0164 \\ -0.0595 \\ 0.0388 \end{bmatrix} \\
 &= 2.7872
 \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk perhitungan M_2 sampai M_{65} dapat dilakukan dengan cara yang sama seperti pada perhitungan M_1 . Langkah berikutnya adalah membentuk diagram kendali MEWMA guna melakukan monitor proses produksi AMDK di PT. X sebagai berikut:

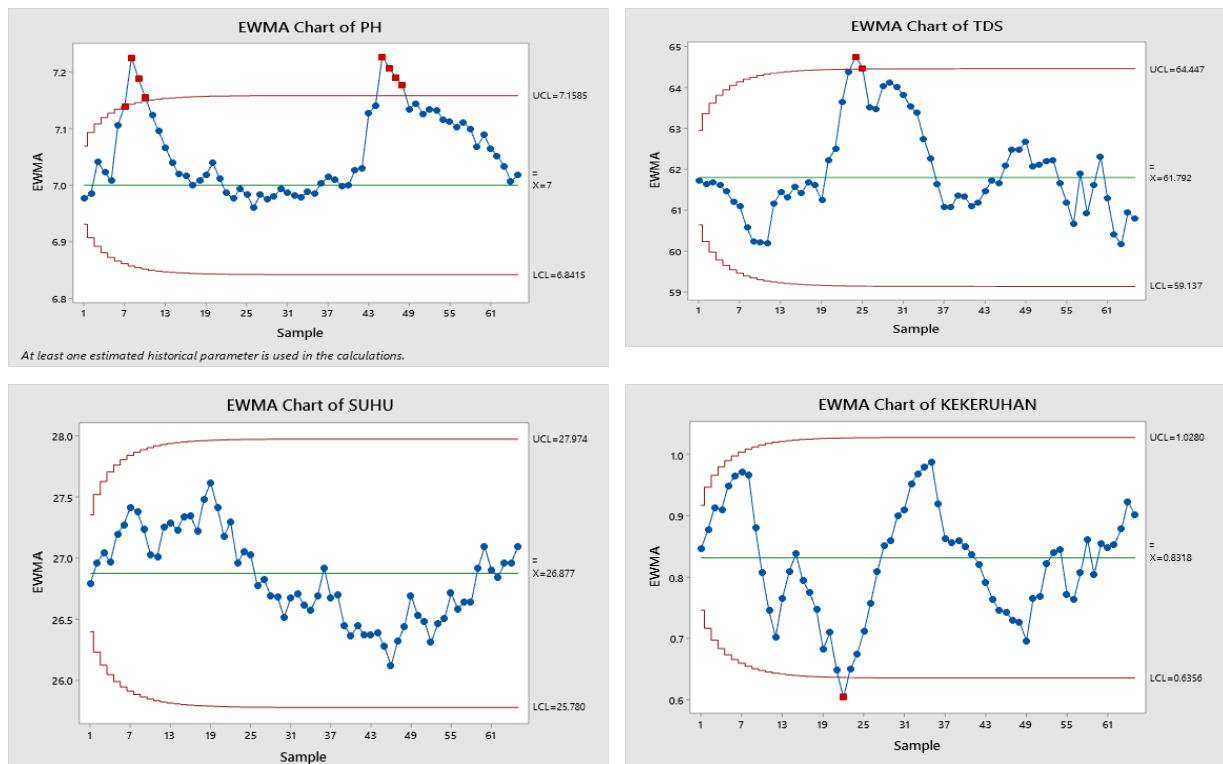


Gambar 4. Diagram Kendali MEWMA $\lambda = 0.1$

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat pada diagram kendali MEWMA dengan $\lambda = 0.1$ dan BKA sebesar 12.72 dari semua titik pengamatan terdapat beberapa titik pengamatan yang mengalami *out of control* yaitu pada titik pengamatan 6, 7, 8, 15, 22, 23, 24, 46, 47, dan 48. Fenomena ini menunjukkan perubahan dalam metode produksi rata-rata AMDK. Sehingga langkah selanjutnya yaitu adalah melakukan analisis untuk mengetahui variabel yang menyebabkan *out of control*.

3.5. Monitoring Penyebab Out Of Control

Untuk menentukan faktor-faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya data di luar batas kendali pada diagram kendali MEWMA, dilakukan pemantauan menggunakan diagram kendali univariat EWMA untuk setiap variabel pengamatan. Hasil pemantauan menggunakan diagram kendali univariat EWMA yang dibuat dengan *software* Minitab dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5. Diagram Kendali EWMA variabel PH, TDS, Suhu dan Kekeruhan

Berdasarkan hasil analisis data diatas menggunakan diagram kendali univariat EWMA untuk setiap variabel pengamatan, dapat disimpulkan bahwa pada variabel PH memiliki pengaruh yang lebih signifikan pada data yang keluar batas dari batas kendali saat uji MEWMA sebelumnya. Ini disebabkan karena pada saat uji univariat EWMA, variabel PH memiliki jumlah data yang *out of control* paling banyak dibandingkan dengan variabel TDS, suhu, dan kekeruhan yaitu sebanyak 8 pengamatan yang *out of control*. Berdasarkan hal tersebut maka variabel PH harus lebih diperhatikan dan harus menjadi perhatian pihak perusahaan sebagai upaya dalam peningkatan kualitas proses produksi AMDK.

3.6. ARL MCUSUM dan MEWMA

Salah satu kriteria yang dapat digunakan untuk membandingkan kinerja diagram kontrol adalah ARL. ARL mengukur seberapa cepat diagram kontrol dapat mengidentifikasi sinyal. Perhitungan yang digunakan, dalam penelitian ini diperoleh dengan metodologi yang dipakai yakni *Monte Carlo Simulation* (MCS). Metode ini merupakan sebuah Teknik matematika yang digunakan untuk mengestimasi kemungkinan hasil dari sebuah peristiwa yang tidak pasti. Hasil ARL MCUSUM dan MEWMA:

Tabel 1. ARL MCUSUM dan MEWMA	
Variabel	ARL
MC1MCUSUM	2
M_i MEWMA	5

Berdasarkan tabel 4 dimana variabel MC1 memiliki ARL MCUSUM sebesar 2, yang berarti diagram kendali MCUSUM mampu mendeteksi perubahan signifikan dalam proses setelah 2 observasi dilakukam. Hal ini menunjukkan bahwa diagram kendali MCUSUM sangat responsif terhadap perubahan proses produksi air minum. Sedangkan ARL MEWMA untuk setiap variabel (M_i) menunjukkan bahwa diagram kendali MEWMA membutuhkan waktu rata-rata 5 observasi sebelum dapat mendeteksi perubahan signifikan dalam nilai kualitas air minum.

Nilai ARL yang lebih rendah menunjukkan kinerja bagan kendali yang unggul. Hal ini dikarenakan pada diagram kendali dengan nilai ARL yang semakin kecil, maka semakin cepat dan sensitif dalam mendeteksi pergeseran kecil atau penyimpangan dalam proses yang diinginkan. Maka, berdasarkan Tabel diatas, diketahui bahwa secara umum diagram kendali MCUSUM memiliki kinerja yang lebih baik dibanding diagram kendali MEWMA selama pelaksanaan pengendalian mutu rutin proses produksi AMDK di PT. X.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penerapan diagram kendali MCUSUM menunjukkan 15 data yang mengalami *out of control*, dengan variabel PH memiliki dampak terbesar dimana 9 data keluar dari batas kendali.
2. Penerapan diagram kendali MEWMA, terdapat 10 data yang *out of control*, dan variabel PH juga memiliki pengaruh signifikan yaitu terdapat 8 data *out of control*.
3. Analisis diagram kendali dapat diamati bahwa perbandingan nilai ARL MCUSUM dan MEWMA, dengan nilai ARL MCUSUM sebesar 2 dan ARL MEWMA sebesar 5, dapat disimpulkan bahwa diagram kendali MCUSUM memiliki kinerja yang lebih baik daripada diagram kendali MEWMA dengan nilai parameter $k = 0.5$ dan $h = 2.75$ karena lebih cepat dan sensitif dalam mendeteksi pergeseran rata-rata kecil proses produksi

Berdasarkan metode yang telah dijelaskan, beberapa saran dapat diberikan untuk meningkatkan penelitian lain.

1. Bagi perusahaan disarankan untuk lebih fokus pemantauan dan peningkatan variabel PH karena memiliki pengaruh paling signifikan terhadap data *out of control* dengan memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi PH dapat membantu perusahaan dalam meminimalkan perubahan atau penyimpangan dalam proses produksi.
2. Bagi peneliti selanjutnya, diharapkan dapat mengembangkan penggunaan diagram kendali MCUSUM dan MEWMA dalam pengendalian kualitas pada proses produksi air.

Ucapan Terima Kasih

Terima Kasih kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah memfasilitasi sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Menteri Kesehatan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum," *Peratur. Menteri Kesehat. Republik Indones.*, pp. 1–20, 2017.
- [2] R. Safitri, "Ketahu Standar Baku Air Bersih di Rumah Anda." [Online]. Available: <https://adikatirtadaya.co.id/ketahu-standar-baku-air-bersih-di-rumah-anda>
- [3] L. Arsyina, B. Wispriyono, I. Ardiansyah, and L. D. Pratiwi, "Hubungan Sumber Air Minum dengan Kandungan Total Coliform dalam Air Minum Rumah Tangga," *J. Kesehat. Masy. Indones.*, vol. 14, no. 2, p. 18, 2019, <https://doi.org/10.26714/jkmi.14.2.2019.18-23>.
- [4] A. Masduqi, A and Slamet, *Satuan Operasi untuk Pengolahan Air*. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS, 2009.
- [5] R. Astari, R and Iqbal, "Kualitas air dan unit pengolhan di instalasi pengolahan air minum," 2009.
- [6] D. . Montgomery, *Introduction To Statistical Quality Control.*, vol. 10, no. 1. 1985. <https://doi.org/10.2307/2988304>.
- [7] V. A. Ramdani, E. D. Sulistyowati, and L. Harsyiah, "Analisis Lulusan Matematika Fmipa Universitas Mataram Menggunakan Diagram Kontrol Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (Mewma)," *Eig. Math. J.*, vol. 6, no. 1, pp. 28–38, 2023, <https://doi.org/10.29303/emj.v6i1.148>.
- [8] N. Nesari, M. Mustafid, and T. Widiharih, "Penerapan Diagram Kontrol Mewma Dalam Pengendalian Kualitas Produksi Keripik Singkong Pada Umkm Di Kota Semarang," *J. Gaussian*, vol. 11, no. 3, pp. 355–365, 2023, <https://doi.org/10.14710/j.gauss.11.3.355-365>.
- [9] A. Arinda and M. Abdul Mukid, "PENERAPAN DIAGRAM KONTROL MULTIVARIATE EXPONENTIALLY WEIGHTED MOVING AVERAGE (MEWMA) PADA PENGENDALIAN KARAKTERISTIK KUALITAS AIR (Studi Kasus: Instalasi Pengolahan Air III PDAM Tirta Moedal Kota Semarang)," *J. Gaussian*, vol. 5, no. 1, pp. 31–40, 2016, <https://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian>
- [10] H. Maulidiyah, "Penerapan Grafik Pengendali Multivariate Cumulative Sum (Mcusum) Dan Kapabilitas Proses Pada Pengendalian Kualitas Air Pdam Penerapan Grafik Pengendali Multivariate Cumulative Sum (Mcusum) Dan Kapabilitas Proses," 2022.
- [11] A. Resti, T. Widiharih, and R. Santoso, "GRAFIK PENGENDALI MIXED EXPONENTIALLY WEIGHTED MOVING AVERAGE – CUMULATIVE SUM (MEC) DALAM ANALISIS PENGAWASAN PROSES PRODUKSI (Studi Kasus : Wingko Babat Cap 'Moel')," *J. Gaussian*, vol. 10, no. 1, pp. 114–124, 2021, <https://doi.org/10.14710/j.gauss.v10i1.30938>.