



TUGAS AKHIR - KS184822

**MONITORING KUALITAS AIR PDAM DELTA
TIRTA KABUPATEN SIDOARJO DENGAN
PENDEKATAN GRAFIK KENDALI MULTIVARIAT**

**SEPTIA WULANDARI
NRP 062115 4000 0050**

**Dosen Pembimbing
Wibawati, S.Si., M.Si
Drs. Haryono, M.SIE**

**PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**



TUGAS AKHIR - KS184822

**MONITORING KUALITAS AIR PDAM DELTA
TIRTA KABUPATEN SIDOARJO DENGAN
PENDEKATAN GRAFIK KENDALI MULTIVARIAT**

**SEPTIA WULANDARI
NRP 062115 4000 0050**

**Dosen Pembimbing
Wibawati, S.Si., M.Si
Drs. Haryono, M.SIE**

**PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**



FINAL PROJECT - KS184822

**MONITORING WATER QUALITY PDAM DELTA
TIRTA SIDOARJO USING CONTROL CHART
APPROACH**

**Septia Wulandari
SN 062115 4000 0501**

**Supervisors
Wibawati, S.Si., M.Si
Drs. Haryono, M.SIE**

**UNDERGRADUATE PROGRAMME
DEPARTMENT OF STATISTICS
FACULTY OF MATHEMATICS, COMPUTING, AND DATA SCIENCE
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**

LEMBAR PENGESAHAN

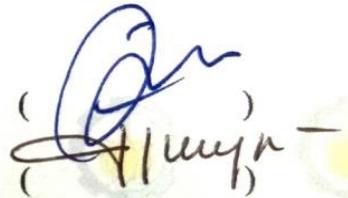
**MONITORING KUALITAS AIR PDAM DELTA TIRTA
KABUPATEN SIDOARJO DENGAN PENDEKATAN
GRAFIK KENDALI MULTIVARIAT**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Statistika
pada
Program Studi Sarjana Departemen Statistika
Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Septia Wulandari
NRP. 062115 4000 0050

Disetujui oleh Pembimbing:
Wibawati, S.Si., M.Si
NIP. 19741213 199802 2 001
Drs. Haryono, M.SiE
NIP. 19520919 197901 1 001



Mengetahui,
Kepala Departemen Statistika

Dr. Suhartono
NIP. 19710929 199512 1 001

SURABAYA, JULI 2019

MONITORING KUALITAS AIR PDAM DELTA TIRTA KABUPATEN SIDOARJO DENGAN PENDEKATAN GRAFIK KENDALI MULTIVARIAT

Nama Mahasiswa : Septia Wulandari
NRP : 062115 4000 0050
Departemen : Statistika
Dosen Pembimbing : Wibawati, S.Si., M.Si
Drs. Haryono, M.SIE

Abstrak

PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo merupakan salah satu Perusahaan Daerah milik Pemerintah Kabupaten Sidoarjo yang mengelola penyediaan air bersih bagi masyarakat Kabupaten Sidoarjo. Sebagai acuan, kualitas air minum telah diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum yang kemudian dijadikan sebagai pedoman dalam pelaksanaan penelitian pengendalian kualitas air PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo. Karakteristik kualitas yang dimonitor adalah kekeruhan, pH, dan sisa chlor dimana jumlah data yang digunakan adalah pada bulan Januari 2019 yakni sebanyak 367 data. Pengendalian kualitas dilakukan secara multivariat yakni dengan menggunakan grafik kendali MEWMA dan MEWMV. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada grafik kendali MEWMV adalah dengan nilai pembobot $\omega = 0,7$ dan $\lambda = 0,9$ dimana variabilitas proses telah terkendali secara statistik. Sedangkan, pembobot optimum pada grafik kendali MEWMA adalah dengan nilai pembobot $\lambda = 0,6$ dimana mean proses belum terkendali secara statistik dengan penyebab utama yaitu karakteristik kualitas sisa chlor. Hasil perhitungan kapabilitas menunjukkan bahwa proses belum kapabel pada ketiga karakteristik kualitas.

Kata Kunci: Analisis Kapabilitas, MEWMA, MEWMV

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

MONITORING WATER QUALITY PDAM DELTA TIRTA KABUPATEN SIDOARJO USING CONTROL CHART APPROACH

Student Name : Septia Wulandari
Student Number : 062115 4000 0050
Department : Statistics
Supervisors : Wibawati, S.Si., M.Si
Drs. Haryono, M.SIE

Abstract

Delta Tirta Local Water Company Sidoarjo Districts is one of the Sidoarjo Districts Government-Owned Regional Companies that manages the supply of clean water to the society of Sidoarjo Districts. As a reference, the quality of drinking water has been regulated in the Regulation of Minister of Health Republic of Indonesia Number 492 Year 2010 regarding Drinking Water Quality Requirements which is then set as the guidelines in conducting the research of Delta Tirta Local Water Company Sidoarjo Districts water quality control. The quality characteristics used are turbidity, pH, and remaining chlor in which the total data used in January 2019 is 367 data. The quality control is done multivariate which is by using MEWMA and MEWMV control charts. The research result shows that MEWMV control chart is with weighting value $\omega = 0,7$ and $\lambda = 0,9$ in which process variability has been controlled statistically. Meanwhile, optimum weighting in MEWMA control chart is with weighting value $\lambda = 0,6$ which the mean process has not been controlled statistically by the main cause, that is remaining chlor quality characteristics. The result of capability calculation shows that the process is still not capable to the three variables.

Keywords: *Capability Analysis, MEWMA, MEWMV*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah serta pertolongan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Monitoring Kualitas Air PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo dengan Pendekatan Grafik Kendali Multivariat**” dengan baik dan lancar. Penulis menyadari bahwa pengerjaan laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Pada kesempatan kali ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Suhartono, S.Si., M.Sc selaku Kepala Departemen Statistika ITS.
2. Ibu Dr. Santi Wulan Purnami, S.Si., M.Si selaku Kepala Program Studi Sarjana Statistika ITS.
3. Ibu Wibawati, S.Si., M.Si dan Bapak Drs. Haryono, M.SIE selaku dosen pembimbing yang telah sabar dan selalu memberikan waktunya untuk membimbing dan memberikan masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, M.T, Ibu Ni Luh Putu Satyaning Pradnya Paramita, S.Si., M.Sc, dan Bapak Dr. Drs. Agus Suharsono, MS selaku dosen penguji yang telah memberikan evaluasi serta masukan kepada penulis.
5. Bapak Prasetyo dan Ibu Anika selaku pembimbing lapangan yang telah membimbing penulis selama melakukan penelitian di PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo.
6. Kedua orang tua, adik serta keluarga besar yang tidak lelah memberikan dukungan, penyemangat, pengorbanan serta doa untuk keberhasilan studi penulis.
7. Semua pihak yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih banyaknya kekurangan dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini, besar harapan bagi penulis untuk dapat menerima saran dan kritik yang bersifat membangun guna perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penelitian selanjutnya.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	5
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Uji Independensi	7
2.2 Pemeriksaan Distribusi Normal Mulivariat.....	7
2.3 Grafik Kendali <i>Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance</i> (MEWMV).....	8
2.4 Grafik Kendali <i>Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance</i> (MEWMA).....	14
2.5 Analisis Kapabilitas.....	15
2.6 PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Sumber Data.....	19
3.2 Karakteristik Kualitas Penelitian.....	19
3.3 Langkah Penelitian.....	20
3.4 Diagram Alir	21
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Deskripsi Kualitas Air.....	23

	Halaman
4.2 Uji Dependensi Karakteristik Kualitas Air	24
4.3 Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat Karakteristik Kualitas Air	24
4.4 Pengendalian Variabilitas Proses Kualitas Air PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo	25
4.5 Pengendalian <i>Mean</i> Proses Kualitas Air PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo.....	36
4.6 Deteksi <i>Out Of Control</i> dengan Menggunakan Grafik Kendali MEWMA.....	42
4.7 Analisis Kapabilitas.....	44
BAB V PENUTUP	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1	Karakteristik kualitas Penelitian..... 19
Tabel 3.2	Struktur Data..... 19
Tabel 4.1	Statistika Deskriptif.....23
Tabel 4.2	Diagram Kendali dengan Kombinasi ω dan λ yang Sama25
Tabel 4.3	Diagram Kendali dengan Kombinasi ω dan λ yang Berbeda.....26
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan MEWMV untuk Nilai $ \max tr(V_n) - BKA $35
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan MEWMA untuk pembobot $\lambda=0,1$ sampai dengan $\lambda=0,9$41
Tabel 4.6	Analisis Kapabilitas45

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Pengolahan dan Produksi Air 18
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian 22
Gambar 4.1	Grafik Kendali MEWMV $\omega=0,6$ dan $\lambda=0,6$ 27
Gambar 4.2	Grafik Kendali MEWMV $\omega=0,7$ dan $\lambda=0,7$ 28
Gambar 4.3	Grafik Kendali MEWMV $\omega=0,8$ dan $\lambda=0,8$ 29
Gambar 4.4	Grafik Kendali MEWMV $\omega=0,9$ dan $\lambda=0,9$ 30
Gambar 4.5	Grafik Kendali MEWMV $\omega=0,2$ dan $\lambda=0,8$ 31
Gambar 4.6	Grafik Kendali MEWMV $\omega=0,4$ dan $\lambda=0,6$ 32
Gambar 4.7	Grafik Kendali MEWMV $\omega=0,7$ dan $\lambda=0,3$ 33
Gambar 4.8	Grafik Kendali MEWMV $\omega=0,9$ dan $\lambda=0,1$ 34
Gambar 4.9	Grafik Kendali MEWMA $\lambda=0,1$ 36
Gambar 4.10	Grafik Kendali MEWMA $\lambda=0,3$ 37
Gambar 4.11	Grafik Kendali MEWMA $\lambda=0,5$ 38
Gambar 4.12	Grafik Kendali MEWMA $\lambda=0,7$ 39
Gambar 4.13	Grafik Kendali MEWMA $\lambda=0,9$ 40
Gambar 4.14	Grafik Kendali MEWMA $\lambda=0,6$ 41
Gambar 4.15	Grafik Kendali MEWMA Karakteristik Kualitas Kekerusuhan dan pH 42
Gambar 4.16	Grafik Kendali MEWMA Karakteristik Kualitas Kekerusuhan dan Sisa Chlor..... 43
Gambar 4.17	Grafik Kendali MEWMA Karakteristik Kualitas pH dan Sisa Chlor 44

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1.** Data Kualitas Air
- Lampiran 2.** *Output Uji Dependensi*
- Lampiran 3.** *Output* Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat
- Lampiran 4.** *Syntax* Grafik Kendali MEWMV
- Lampiran 5.** Tabel Nilai L dengan $p=3$
- Lampiran 6.** Grafik Kendali MEWMV
- Lampiran 6A.** Grafik Kendali MEWMV dengan Pembobot Sama
- Lampiran 6B.** Grafik Kendali MEWMV dengan Pembobot Beda
- Lampiran 7.** Grafik Kendali MEWMA
- Lampiran 8.** Analisis Kapabilitas
- Lampiran 8A.** Analisis Kapabilitas Karakteristik kualitas Kekeruhan
- Lampiran 8B.** Analisis Kapabilitas Karakteristik kualitas pH
- Lampiran 8C.** Analisis Kapabilitas Karakteristik kualitas Sisa Chlor
- Lampiran 9.** Surat Izin Pengambilan Data
- Lampiran 10.** Surat Izin Publikasi
- Lampiran 11.** Surat Pernyataan Data Tugas Akhir

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air adalah suatu zat yang tidak berbau, tidak berwarna, dan berbentuk cair. Air sangatlah penting bagi keberlangsungan hidup manusia. Fungsi air bagi kehidupan tidak dapat digantikan oleh senyawa lain. Penggunaan air yang utama adalah sebagai air minum guna mencukupi kebutuhan air di dalam tubuh manusia. Pada tubuh manusia, air diperlukan untuk transportasi zat-zat makanan dalam bentuk larutan dan melarutkan berbagai jenis zat yang diperlukan oleh tubuh. Misalnya, untuk melarutkan oksigen sebelum memasuki pembuluh-pembuluh darah yang ada di sekitar alveoli (Mulia, 2005). Kehilangan air sebanyak 15% dari berat badan dapat menyebabkan kematian yang diakibatkan oleh dehidrasi. Karenanya, untuk tubuh manusia dewasa perlu minum air minimal sebanyak 1,5 sampai 2 liter air setiap harinya untuk keseimbangan dalam tubuh dan membantu metabolisme (Slamet, 2007). Selain sebagai air minum, fungsi air lainnya bagi kehidupan manusia adalah untuk memasak, mencuci, mandi, dan lain-lain.

Kualitas adalah keseluruhan sifat suatu produk atau pelayanan yang berpengaruh pada kemampuannya untuk memuaskan kebutuhan yang dinyatakan atau tersirat (Kotler, 2005). Kualitas merupakan hal yang penting dari suatu produk atau pelayanan. Suatu produk akan dikatakan baik dan layak edar apabila memiliki kualitas yang baik pula. Hal tersebut berlaku pula bagi air minum yang akan dikonsumsi oleh masyarakat. Air minum yang dikonsumsi oleh masyarakat haruslah memiliki kualitas yang baik agar berdampak baik pula bagi kesehatan. Air minum dengan kualitas yang buruk akan menimbulkan berbagai penyakit yang dapat menyerang tubuh manusia.

Kualitas air minum telah diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum bahwa agar air minum yang di

konsumsi masyarakat tidak menimbulkan gangguan kesehatan perlu ditetapkan persyaratan kesehatan kualitas air minum (BPPSPAM, 2010). Salah satu penyedia air minum adalah PDAM Kabupaten Sidoarjo. Berdasarkan peraturan menteri Kesehatan Republik Indonesia tersebut, sebagai penyedia air minum Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) juga harus memerhatikan kualitas air minum yang akan didistribusikan ke masyarakat. Sebagai contoh yakni PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo.

PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo merupakan salah satu Perusahaan Daerah milik Pemerintah Kabupaten Sidoarjo yang mengelola penyediaan air bersih bagi masyarakat Kabupaten Sidoarjo dengan jumlah pelanggan yang telah mencapai 134.897 sambungan rumah per Desember 2017. Jumlah pelanggan tersebut menunjukkan bahwa cakupan pelayanan untuk Kabupaten Sidoarjo telah mencapai 36,74% (PDAM Sidoarjo, 2018). Selama ini, PDAM Delta Tirta Sidoarjo belum melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengendalian kualitas air yang akan didistribusikan, salah satunya adalah IPA Siwalan Panji. Sedangkan menurut Peraturan Permenkes Nomor 492 Tahun 2010 menyatakan kualitas air minum harus sesuai dengan standar baku mutu, misalnya tingkat kekeruhan yang terkandung pada air minum maksimal adalah 5 NTU, pH maksimal adalah sebanyak 6,5 – 8,5, kandungan klorin maksimal adalah sebanyak 5 mg/l, dan lain-lain. Namun, seringkali air yang didistribusikan ke rumah-rumah masyarakat masih keruh dan terkadang berbau tidak sedap. PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo hanya melakukan penelitian kualitas air minum yakni berupa pengecekan kualitas air sebanyak 2 jam sekali. Kemudian, dari hasil penelitian tersebut dilakukan pencatatan.

Kualitas air minum dapat dikendalikan dengan perhitungan statistik yakni dengan menggunakan metode Pengendalian Kualitas Statistik. Pengendalian kualitas statistik merupakan suatu metode pengumpulan dan analisis data kualitas, serta penentuan dan interpretasi pengukuran yang menjelaskan tentang proses dalam suatu sistem industri untuk meningkatkan kualitas dari hasil

produksi guna memenuhi kebutuhan konsumen. Salah satu alat yang digunakan dalam pengendalian proses statistik adalah grafik kendali. Grafik kendali adalah teknik pengendali proses yang digunakan untuk mendeteksi adanya sebab-sebab yang dapat diprediksi dalam proses produksi. Grafik kendali dapat diklasifikasikan ke dalam dua tipe umum, yaitu grafik kendali atribut dan grafik kendali karakteristik kualitas (Montgomery D. C., 2013).

Penelitian sebelumnya mengenai pengendalian kualitas statistik pernah dilakukan oleh Septiana (2018) tentang Pengendalian Kualitas Air PDAM Surya Sembada Kota Surabaya pada Instalasi Ngagel II Menggunakan Grafik Kendali Multivariat dengan hasil penelitian yakni variansi dari kualitas air telah terkendali secara statistik, namun *mean* proses belum terkendali secara statistik dan belum ada kecenderungan kinerja proses potensial kapabel pada ketiga karakteristik kualitas. Penelitian lain dilakukan oleh Fitriasari (2018) tentang Pengendalian Kualitas *Bulb* Lampu Pijar Tipe 47 di PT. Sinar Angkasa Rungkut Menggunakan Grafik Kendali Multivariat dengan hasil penelitian yakni variabilitas proses sudah terkendali, namun untuk *mean* proses belum terkendali serta didapatkan bahwa proses telah kapabel.

Selama ini, belum pernah dilakukan penelitian mengenai pengontrolan kualitas air PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo dengan menggunakan pendekatan grafik kendali MEWMA dan MEWMV sedangkan kualitas air belum dirasa baik oleh masyarakat. Sehingga, pada penelitian ini dilakukan analisis untuk mengetahui apakah variansi dan *mean* proses kualitas air di IPA Siwalan Panji telah terkendali secara statistik atau belum. Metode yang digunakan adalah Grafik Kendali MEWMV dan MEWMA. Metode tersebut dipilih karena data yang digunakan merupakan data multivariat. Guna mengetahui apakah *mean* proses kualitas air sudah terkendali secara statistik atau belum, digunakan grafik kendali MEWMA. Sedangkan, guna mengetahui apakah variansi kualitas air sudah terkendali secara statistik atau belum, digunakan

grafik kendali MEWMV. Grafik kendali MEWMA dipilih karena grafik kendali ini lebih *robust* terhadap distribusi normal. Dari penelitian ini diharapkan bisa memberi informasi kepada PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo mengenai kualitas air minum yang didistribusikan kepada masyarakat serta perbaikan kualitas air yang akan didistribusikan ke masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah

PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo merupakan salah satu Perusahaan Daerah milik Pemerintah Kabupaten Sidoarjo yang mengelola penyediaan air bersih bagi masyarakat Kabupaten Sidoarjo dengan jumlah pelanggan yang telah mencapai 134.897 sambungan rumah per Desember 2017 dimana salah satu Instalasi Pengolahan Air milik PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo adalah IPA Siwalan Panji. Semakin lama permintaan akan air bersih juga meningkat, terutama guna memenuhi kebutuhan air untuk minum. Permintaan yang cukup tinggi menyebabkan kebutuhan air mentah (air minum yang belum melalui tahap pengolahan) juga semakin meningkat. Hal tersebut dapat memengaruhi variansi dari bahan baku, padahal spesifikasi kualitas air minum harus sesuai dengan standar baku yang telah ditetapkan. Pengendalian kualitas air minum pun pada akhirnya perlu dilakukan guna mempertahankan kualitas air yang sesuai dengan spesifikasi. Namun, penelitian lebih lanjut mengenai pengendalian kualitas air dengan menggunakan metode Grafik Kendali MEWMV dan MEWMA serta analisis kapabilitas belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, dilakukan analisis mengenai pengendalian kualitas air minum dengan menggunakan metode Grafik Kendali MEWMV dan MEWMA serta analisis kapabilitas.

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah melakukan pengendalian kualitas air minum dengan menggunakan metode Grafik Kendali MEWMV dan MEWMA serta analisis kapabilitas.

1.4 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi kepada PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo mengenai kualitas air yang didistribusikan, sehingga dapat meningkatkan kualitas air guna memenuhi kebutuhan masyarakat.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah karakteristik kualitas penelitian yang digunakan adalah kekeruhan, pH, dan sisa klorin dan data yang digunakan adalah data kualitas air IPA Siwalan Panji bulan Januari 2019.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uji Dependensi

Uji Bartlett digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antar karakteristik kualitas dalam kasus multivariat. Jika karakteristik kualitas x_1, x_2, \dots, x_p bersifat saling bebas (independen), sehingga matriks korelasi antar karakteristik kualitas sama dengan matriks identitas. Hipotesis pengujian yang digunakan pada Uji Bartlett adalah sebagai berikut.

$H_0: \rho = I$ (tidak terdapat hubungan antar karakteristik kualitas)

$H_1: \rho \neq I$ (terdapat hubungan antar karakteristik kualitas)

Nilai statistik Uji Bartlett dapat ditulis dengan persamaan 2.1 yakni sebagai berikut.

$$T = \frac{(n-1)}{(1-r)} \left[\sum_{i < k} \sum \left(r_{ik} - \bar{r} \right)^2 - \gamma \sum_{k=1}^{\gamma} \left(\bar{r}_k - \bar{r} \right)^2 \right] \quad (2.1)$$

Daerah kritis:

Tolak H_0 jika $T > \chi_{(p+1)(p-2)/2; \alpha}^2$ atau jika *P-value* $< \alpha$, yang berarti bahwa antara karakteristik kualitas saling berkorelasi. Hal ini menunjukkan adanya hubungan antar karakteristik kualitas (Johnson & Wichern, 2007).

2.2 Pemeriksaan Normal Multivariat

Hipotesis dalam pengujian ini adalah sebagai berikut.

H_0 : Data berdistribusi normal multivariat

H_1 : Data tidak berdistribusi normal multivariat

Statistik uji yang digunakan adalah dengan menggunakan persamaan 2.2 sebagai berikut.

$$W = \frac{\left(\sum_{p=1}^n a_p X_p \right)^2}{\sum_{p=1}^n \left(X_p - \bar{x} \right)^2} \quad (2.2)$$

dengan nilai α_p yakni sebagai berikut.

$$a_p = \frac{\mathbf{M}^T \mathbf{V}^{-1}}{(\mathbf{M}^T \mathbf{V}^{-1} \mathbf{V}^{-1} \mathbf{M})^{1/2}} \quad (2.3)$$

Nilai maksimum dari W adalah 1 dan apabila p -value kurang dari α maka data tidak mengikuti distribusi normal multivariat (Shapiro & Wilk, 1965).

2.3 Grafik Kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV)

Grafik kendali MEWMV digunakan untuk monitoring variabilitas proses tanpa adanya asumsi terjadinya perubahan *mean* proses selama pengendalian berlangsung dimana grafik kendali ini dapat mendeteksi terjadinya perubahan variabilitas proses secara sensitif tanpa dipengaruhi oleh perubahan rata-rata proses. Grafik kendali MEWMV dibentuk dari persamaan berikut.

$$\mathbf{V}_n = \omega(x_n - y_n)(x_n - y_n)^T + (1 - \omega)\mathbf{V}_{n-1} \quad (2.4)$$

dimana ω adalah nilai pembobot bernilai $0 < \omega < 1$ dan $\mathbf{V}_0 = (x_1 - y_1)(x_1 - y_1)^T$. Estimasi dari y_n untuk perubahan rata-rata proses pada waktu ke n dapat dilihat pada persamaan berikut (Lowry, Champ, & Ridgon, 1992).

$$y_n = \lambda x_n + (1 - \lambda)y_{n-1} \quad (2.5)$$

dengan $y_0 = 0$ dan $0 < \lambda < 1$.

Deteksi terjadinya perubahan dalam matriks kovarian didefinisikan sebagai berikut.

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

$$\text{dengan } \mathbf{X}_n = \begin{bmatrix} x_{1n} \\ x_{2n} \\ \vdots \\ x_{np} \end{bmatrix} \text{ dan } \mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$$

dimana p adalah banyaknya karakteristik kualitas dan n adalah banyaknya pengamatan yang dilakukan. Untuk mengetahui perubahan dalam matriks kovarians maka harus didefinisikan suatu matriks C . Matriks C merupakan matriks diagonal berukuran $n \times n$ dengan ω sebagai elemennya dimana ω adalah *smoothing constant*. Matriks ini menunjukkan suatu nilai pembobot dari V_n yang dituliskan sebagai berikut.

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} (1-\omega)^{n-1} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \omega(1-\omega)^{n-2} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & 0 & (1-\omega) & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \omega \end{bmatrix}$$

Untuk masing-masing nilai n , persamaan (2.4) dapat dijabarkan sebagai berikut.

Untuk $n=1$,

$$V_1 = \omega(x_1 - y_1)(x_2 - y_2)^T + (1-\omega)V_0$$

Untuk $n=2$,

$$V_2 = \omega(x_2 - y_2)(x_2 - y_2)^T + \omega(1-\omega)(x_1 - y_1)(x_1 - y_1)^T + (1-\omega)^2 V_0$$

Untuk $n=3$,

$$V_3 = \omega(x_3 - y_3)(x_3 - y_3)^T + \omega(1-\omega)(x_2 - y_2) + \omega(1-\omega)^2(x_1 - y_1)^T + (1-\omega)^2 V_0$$

Begitu seterusnya berlaku untuk semua pengamatan.

Secara umum, persamaan (2.4) dapat dituliskan sebagai berikut.

$$V_n = \sum_{i=1}^n \omega(1-\omega)^{n-1} (x_i - y_i)(x_i - y_i)^T + (1-\omega)^n V_0 \quad (2.7)$$

Persamaan (2.5) juga dapat dijabarkan seperti persamaan (2.4) dimana ketika masing-masing nilai n disubstitusikan ke persamaan (2.5) maka akan didapatkan nilai y_n yakni sebagai berikut.

Untuk $n=1$,

$$y_1 = \lambda x_1$$

Untuk $n=2$,

$$y_2 = \lambda x_2 + \lambda(1-\lambda)x_1$$

Untuk $n=3$,

$$y_3 = \lambda x_3 + \lambda(1-\lambda)x_2 + \lambda(1-\lambda)^2 x_1$$

Begitu seterusnya berlaku untuk semua pengamatan.

Secara umum, persamaan (2.5) dapat dituliskan sebagai berikut.

$$y_n = \sum_{i=1}^n \lambda(1-\lambda)^{n-i} x_i \quad (2.8)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.9) ke dalam $x_i - y_i$ akan didapatkan hasil yakni sebagai berikut.

$$\begin{aligned} x_i - y_i &= x_i - \sum_{j=1}^i \lambda(1-\lambda)^{i-j} x_j \\ &= (1-\lambda)x_i - \lambda(1-\lambda)x_{i-1} - \dots - \lambda(1-\lambda)^{i-1} x_1; \end{aligned} \quad (2.9)$$

$$i=1, 2, \dots, n$$

Persamaan (2.9) dapat dituliskan ke dalam bentuk matriks yakni sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
(\mathbf{x}-\mathbf{y}) &= \begin{bmatrix} (x_1 - y_1)^T \\ (x_2 - y_2)^T \\ \vdots \\ (x_n - y_n)^T \end{bmatrix} \\
&= \begin{bmatrix} (1-\lambda)\mathbf{x}_1 \\ (1-\lambda)\mathbf{x}_2 - \lambda(1-\lambda)\mathbf{x}_1 \\ \vdots \\ (1-\lambda)\mathbf{x}_i - \lambda(1-\lambda)\mathbf{x}_{i-1} - \dots - \lambda(1-\lambda)^{n-1}\mathbf{x}_1 \end{bmatrix} \\
&= \begin{bmatrix} 1-\lambda & 0 & \dots & 0 \\ -\lambda(1-\lambda) & 1-\lambda & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\lambda(1-\lambda)^{n-1} & \dots & -\lambda(1-\lambda) & 1-\lambda \end{bmatrix} \mathbf{X} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1^T \\ \mathbf{x}_2^T \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n^T \end{bmatrix} \quad (2.10) \\
&= (\mathbf{I}_n - \mathbf{M})\mathbf{X}
\end{aligned}$$

dimana \mathbf{I}_n adalah matriks identitas berukuran $n \times n$ yang dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\mathbf{I}_n = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Dan \mathbf{M} adalah matriks segitiga bawah berukuran $n \times n$ dengan λ sebagai elemennya, dimana λ adalah pembobot yang telah ditetapkan sebelumnya.

Matriks \mathbf{M} dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} \lambda & 0 & \cdots & 0 \\ \lambda(1-\lambda) & \lambda & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \lambda(1-\lambda)^{n-1} & \cdots & \lambda(1-\lambda) & \lambda \end{bmatrix}$$

Persamaan (2.7) dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\mathbf{V}_n = (\mathbf{X}-\mathbf{Y})^T \mathbf{C}(\mathbf{X}-\mathbf{Y}) \quad (2.11)$$

Persamaan (2.10) dapat disubstitusikan ke dalam persamaan (2.11) maka akan diperoleh hasil sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \mathbf{V}_n &= \mathbf{X}^T (\mathbf{I}_n - \mathbf{M})^T \mathbf{C}(\mathbf{I}_n - \mathbf{M}) \mathbf{X} \\ &= \mathbf{X}^T \mathbf{Q} \mathbf{X} \end{aligned} \quad (2.12)$$

dimana \mathbf{Q} adalah matriks bujur sangkar dengan ukuran $n \times n$. Matriks \mathbf{Q} dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \mathbf{Q} &= (\mathbf{I}_n - \mathbf{M})^T \mathbf{C}(\mathbf{I}_n - \mathbf{M}) \\ &= \begin{bmatrix} q_{11} & \cdots & q_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{n1} & \cdots & q_{nn} \end{bmatrix}; 1 \leq i; j \leq n \end{aligned} \quad (2.13)$$

Pada persamaan (2.13) dapat dicari nilai $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$ yakni sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{tr}(\mathbf{V}_n) &= \text{tr}(\mathbf{X}^T \mathbf{Q} \mathbf{X}) \\ &= \text{tr}(\mathbf{Q} \mathbf{X} \mathbf{X}^T) \end{aligned} \quad (2.14)$$

dengan

$$QXX^T = \begin{bmatrix} q_{11} & \cdots & q_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{n1} & \cdots & q_{nn} \end{bmatrix} X \begin{bmatrix} \sum_{k=1}^p x_{1k} x_{1k} & \sum_{k=1}^p x_{1k} x_{2k} & \cdots & \sum_{k=1}^p x_{1k} x_{nk} \\ \sum_{k=1}^p x_{k1} x_{1k} & \sum_{k=1}^p x_{2k} x_{2k} & \cdots & \sum_{k=1}^p x_{2k} x_{nk} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{k=1}^p x_{k1} x_{nk} & \sum_{k=1}^p x_{2k} x_{nk} & \cdots & \sum_{k=1}^p x_{nk} x_{nk} \end{bmatrix}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{tr}(\mathbf{V}_n) &= \sum_{j=1}^n q_{1j} \left(\sum_{k=1}^p x_{1k} x_{jk} \right) + \sum_{j=1}^n q_{2j} \left(\sum_{k=1}^p x_{2k} x_{jk} \right) \\ &\quad + \cdots + \sum_{j=1}^n q_{nj} \left(\sum_{k=1}^p x_{nk} x_{jk} \right) \\ &= \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n q_{ij} \left(\sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk} \right) \end{aligned}$$

Saat $p = 1$ maka persamaan $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$ akan menjadi persamaan EWMV. Ketika proses dalam keadaan terkendali dapat ditunjukkan dari nilai $\mathbf{E}(\text{tr}(\mathbf{V}_n))$.

$$\begin{aligned} \mathbf{E}[\text{tr}(\mathbf{V}_n)] &= \sum_{i=1}^n q_{ii} \mathbf{E} \left(\sum_{k=1}^p x_{ik}^2 \right) + \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n q_{ij} \mathbf{E} \left(\sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk} \right) \\ &= p \sum_{i=1}^n q_{ii} \tag{2.15} \\ &= p \text{tr}(\mathbf{Q}) \end{aligned}$$

Sebelumnya, harus didapatkan nilai $\mathbf{Var}[\text{tr}(\mathbf{V}_n)]$ terlebih dahulu untuk mendapatkan batas kendali dari $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$.

$$\begin{aligned} \mathbf{Var}[\text{tr}(\mathbf{V}_n)] &= \mathbf{Var} \left[\sum_{i=1}^n q_{ii} \sum_{k=1}^p x_{ik}^2 + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j < i}^n q_{ij} \sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk} \right] \\ &= 2p \sum_{i=1}^n q_{ii}^2 + 4p \sum_{i=1}^n \sum_{j < i}^n q_{ij} \tag{2.16} \\ &= 2p \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij}^2 \end{aligned}$$

Persamaan (2.15) akan menjadi batas yang memungkinkan untuk setiap n dengan batas kendali berdasarkan nilai $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$, sehingga didapatkan nilai sebagai berikut.

$$\mathbf{E}[\text{tr}(\mathbf{V}_n)] \pm L \sqrt{\mathbf{Var}[\text{tr}(\mathbf{V}_n)]} = p \text{tr}(\mathbf{Q}) \pm L \sqrt{2p \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij}^2} \tag{2.17}$$

dimana L merupakan nilai konstanta yang bergantung pada p dan nilai ω dan λ yang telah ditentukan sebelumnya. Nilai batas diagram MEWMV dilakukan melalui simulasi *Monte Carlo* dengan *Average Run Length* (ARL_0) 370 (Huwang, Yeh, & Chien-Wei, 2007).

2.4 Grafik Kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA)

Grafik kendali MEWMA adalah grafik kendali yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan *mean* proses yang kecil. Grafik kendali ini memiliki kelebihan yakni *robust* terhadap distribusi normal. Grafik kendali MEWMA merupakan generalisasi dari proses untuk data univariat EWMA yang didefinisikan sebagai berikut.

$$\mathbf{Z}_i = \lambda \mathbf{X}_i + (1 - \lambda) \mathbf{Z}_{i-1} \quad (2.18)$$

dimana \mathbf{X}_i merupakan vektor rata-rata sampel, λ adalah pembobot yang bernilai $0 < \lambda < 1$ dan $\mathbf{Z}_0 = 0$. Apabila tidak ada alasan pemilihan pembobot yang berbeda untuk masing-masing karakteristik kualitas maka pembobot $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_p = \lambda$.

Titik pengamatan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$T_i = \mathbf{Z}_i^T \left[\sum \mathbf{Z}_i \right]^{-1} \mathbf{Z}_i \quad (2.19)$$

Data dikatakan *out of control* ketika nilai T_i^2 lebih besar dari nilai batas kendali atas (BKA). Nilai BKA merupakan batas kendali atas, didapatkan dari hasil simulasi yang disesuaikan dengan besarnya ARL hingga didapatkan nilai BKA yang konvergen. Matriks kovarian dari \mathbf{Z}_i adalah sebagai berikut.

$$\Sigma_{z_i} = \frac{\lambda}{2 - \lambda} \left[1 - (1 - \lambda)^{2i} \right] \Sigma \quad (2.20)$$

dimana, matriks kovarian Σ analog dengan varians pada data univariat EWMA (Montgomery D. C., 2009).

2.5 Analisis Kapabilitas

Analisis kapabilitas adalah suatu studi untuk menaksir kemampuan proses. Kemampuan proses yang dimaksud adalah apakah produk sudah memenuhi spesifikasi yang ditentukan atau belum. Guna melihat kapabilitas proses, diperlukan indeks kapabilitas yang dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan suatu proses. Berdasarkan standar 3σ , suatu produk dikatakan mampu apabila memiliki indeks kapabilitas lebih dari 1,33. Indeks kapabilitas yang disarankan oleh Automotive Industry Action Group (AIAG) untuk proses dalam keadaan *in control* adalah C_p dan C_{pk} , sedangkan untuk proses yang tidak dalam keadaan *in control*, digunakan indeks *performance process* P_p dan P_{pk} (Montgomery D. C., 2013).

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

$$C_p = \frac{BKA - BKB}{6\sigma} \quad (2.22)$$

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

dimana $C_{pu} = \frac{BKA - \mu}{3s}$ dan $C_{pl} = \frac{\mu - BKB}{3s}$. Jika $C_p = C_{pk}$, maka proses terpusat di *mean* spesifikasi. Sedangkan jika $C_p < C_{pk}$, maka proses tidak terpusat di *mean* spesifikasi.

Indeks kapabilitas P_p dan P_{pk} digunakan saat proses belum stabil dimana perhitungannya dapat dilakukan dengan menggunakan rumus pada persamaan (2.22) sebagai berikut.

$$P_p = \frac{BKA - BKB}{6\sigma} \quad (2.23)$$

$$P_{pk} = \min\left(\frac{BKA - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - BKB}{3\sigma}\right)$$

Apabila proses dalam keadaan terkendali, maka kapabilitas proses dihitung dengan menggunakan C_p dan C_{pk} . Namun jika

proses belum terkendali, maka kapabilitas proses dihitung dengan menggunakan P_p dan P_{pk} .

Pada data multivariat, indeks kapabilitas yang digunakan adalah MP_p dan MP_{pk} yang dapat dihitung dengan rumus pada persamaan (2.24) yakni sebagai berikut.

$$MP_p = \sum_{k=1}^p W_k P_p (X_k) \quad (2.24)$$

$$MP_{pk} = \sum_{k=1}^p W_k P_{pk} (X_k)$$

MP_p dan MP_{pk} merupakan bentuk P_p dan P_{pk} dalam keadaan multivariat dimana nilai pembobot W_j disesuaikan dengan pembobot dari masing-masing karakteristik kualitas yang ditentukan oleh masing-masing perusahaan (Raissi, 2009).

2.6 PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo

Ditinjau dari segi kualitas, terdapat parameter yang dijadikan sebagai landasan untuk mengindikasikan bahwa air yang digunakan termasuk ke dalam kategori air bersih, yaitu kimia dan fisika. Kualitas air minum telah diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum bahwa agar air minum yang dikonsumsi masyarakat tidak menimbulkan gangguan kesehatan perlu ditetapkan persyaratan kesehatan kualitas air minum (BPPSPAM, 2010).

PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo merupakan salah satu Perusahaan Daerah milik Pemerintah Kabupaten Sidoarjo yang mengelola penyediaan air bersih bagi masyarakat Kabupaten Sidoarjo dengan jumlah pelanggan yang telah mencapai 134.897 sambungan rumah per Desember 2017. Dengan jumlah pelanggan tersebut, cakupan pelayanan untuk Kabupaten Sidoarjo telah mencapai 36,74% (PDAM Sidoarjo, 2018).

Proses pengolahan air baku menjadi air bersih di PDAM adalah sebagai berikut:

1. Pengolahan Lengkap

- a. *Intake.*
Tempat pengambilan air baku dilengkapi dengan “*Bar Screen*” atau penyaring yang bertujuan untuk menyaring benda-benda terapung (sampah) agar tidak sampai masuk ruang *intake* karena bisa mengganggu kinerja pompa.
- b. Koagulasi
Proses koagulasi adalah proses pemberian koagulan CMA dengan maksud mengurangi gaya tolak menolak antar partikel koloid sehingga partikel koloid tersebut bisa bergabung menjadi flok-flok kecil.
- c. Flokulasi
Flokulasi yaitu proses pemberian flokulan dengan maksud menggabungkan flok-flok kecil yang telah terbentuk pada proses sebelumnya (koagulasi) sehingga menjadi besar dan mudah untuk diendapkan. Dalam proses flokulasi mengalami pengadukan lambat memberikan kesempatan flok-flok kecil menjadi semakin besar dan mencegah pecahnya kembali flok-flok yang sudah terbentuk.
- d. Sedimentasi
Pada proses sedimentasi, flok-flok yang telah terbentuk dari flokulasi akan mengendap pada bak sedimentasi dimana pada bak ini dilengkapi dengan “*tube settler*” yang bertujuan untuk mempercepat proses pengendapan.
- e. Filtrasi
Proses filtrasi bertujuan untuk melakukan penyaringan flok-flok halus yang belum terendapkan pada bak sedimentasi. Proses filtrasi dilakukan dengan cara melewati air melalui media porous yaitu: pasir silika atau kwarsa.
- f. Klorinasi
Klorinasi adalah pembubuhan zat desinfektan (gas klor, sodium hipoklorit) yang bertujuan untuk membunuh

bakteri yang mungkin ada, baik di resevoir, jaringan pipa distribusi hingga sampai ke pelanggan.

2. Pengolahan Tidak Lengkap

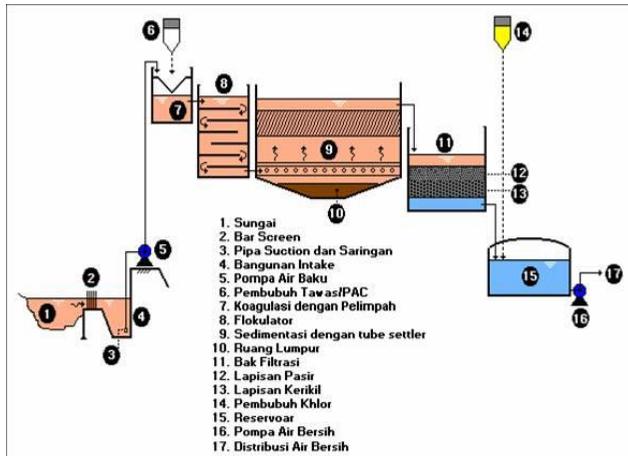
Pengolahan tidak lengkap diberlakukan pada air baku yang hanya mempunyai beberapa parameter saja yang harus diturunkan kadarnya, contoh air baku yang berasal dari mata air dan air tanah dalam.

a. Aerasi

Suatu proses pengolahan yang bertujuan untuk mengurangi kadar zat besi yang melampaui batas ambang yang telah ditetapkan Depkes-RI.

b. Klorinasi

Klorinasi adalah pembubuhan zat desinfektan (gas klor, sodium hipoklorit) yang bertujuan untuk membunuh bakteri yang mungkin ada, baik di resevoir, jaringan pipa distribusi hingga sampai ke pelanggan (PDAM Tirta Moedal Kota Semarang, 2014).



Gambar 2.1 Pengolahan dan Produksi Air (Sumber : PDAM Delta Moedal Kota Semarang)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Sumber data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder, yakni data yang diambil dengan cara pengambilan data kualitas air dari divisi produksi PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo. Data yang diambil adalah pengamatan individual dengan jumlah data sebanyak 367. Sampel yang diambil merupakan data kualitas air dimana pencatatan data tersebut dilakukan selama 2 jam sekali dalam sehari dengan karakteristik kualitas yakni kekeruhan, pH, dan sisa chlor.

3.2 Karakteristik Kualitas Penelitian

Karakteristik kualitas penelitian yang digunakan adalah mengenai data kualitas air, dimana diambil parameter yang dianggap paling penting dalam penentuan kualitas air.

Tabel 3.1 Karakteristik Kualitas Penelitian

No	Jenis Parameter	Satuan	Batas Spesifikasi
1	Kekeruhan (X_1)	NTU	5
2	pH (X_2)	-	6,5 – 8,5
3	Sisa Chlor (X_3)	Mg/l	5

Adapun struktur data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 3.2 Struktur Data

Observasi	Kekeruhan	pH	Sisa Chlor
1	X_{11}	X_{21}	X_{31}
2	X_{12}	X_{22}	X_{32}
3	X_{13}	X_{23}	X_{33}
⋮	⋮	⋮	⋮
367	X_{1367}	X_{2367}	X_{3367}

3.3 Langkah Analisis

Untuk mencapai tujuan penelitian pada pendahuluan, maka langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Pengambilan data.

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder dari divisi produksi air PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo.

2. Mendeskripsikan data.

Pada langkah ini data dideskripsikan dengan *mean*, *varians*, *minimum*, dan *maximum*.

3. Uji Asumsi Multivariat.

Setelah mendeskripsikan data, kemudian dilakukan uji asumsi multivariat. Uji asumsi yang dilakukan adalah uji dependensi dan pemeriksaan distribusi normal multivariat.

4. Analisis Data.

Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode Grafik Kendali MEWMV dan MEWMA serta Analisis Kapabilitas.

Grafik Kendali MEWMV :

- Menghitung nilai $tr(\mathbf{V}_n)$ berdasarkan persamaan (2.14)
- Menghitung batas grafik kendali MEWMV pada setiap pengamatan ke- n berdasarkan persamaan (2.17)
- Plot nilai $tr(\mathbf{V}_n)$ pada batas kendali MEWMV

Grafik Kendali MEWMA :

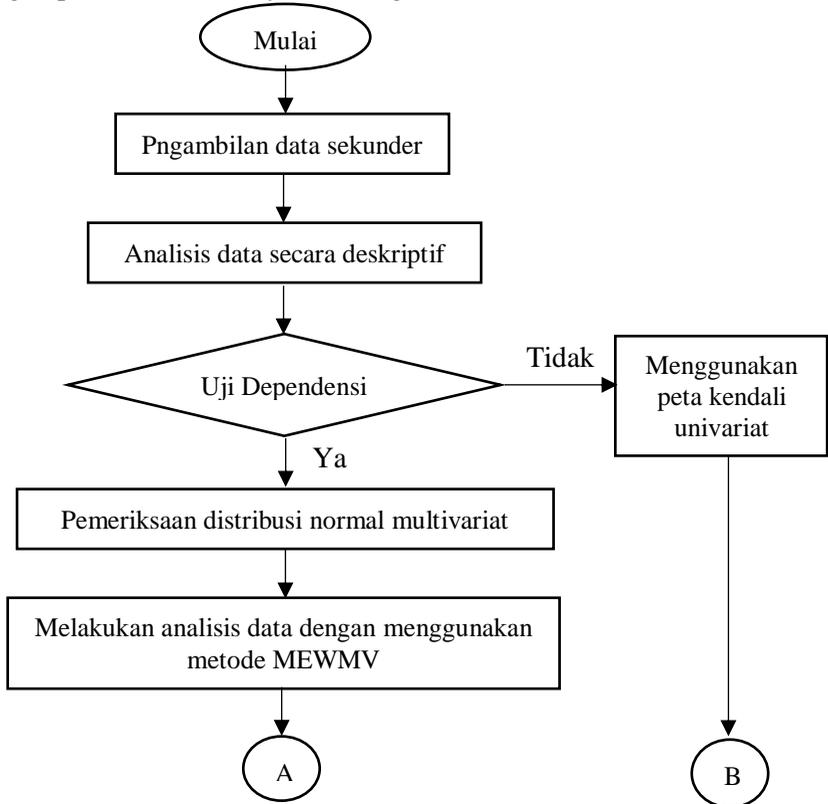
- Menghitung nilai T_i dengan menggunakan persamaan (2.19)
- Menghitung nilai batas kendali atas, didapatkan dari hasil simulasi yang disesuaikan dengan besarnya ARL hingga didapatkan nilai BKA yang konvergen.
- Plot nilai T_i pada batas kendali MEWMV

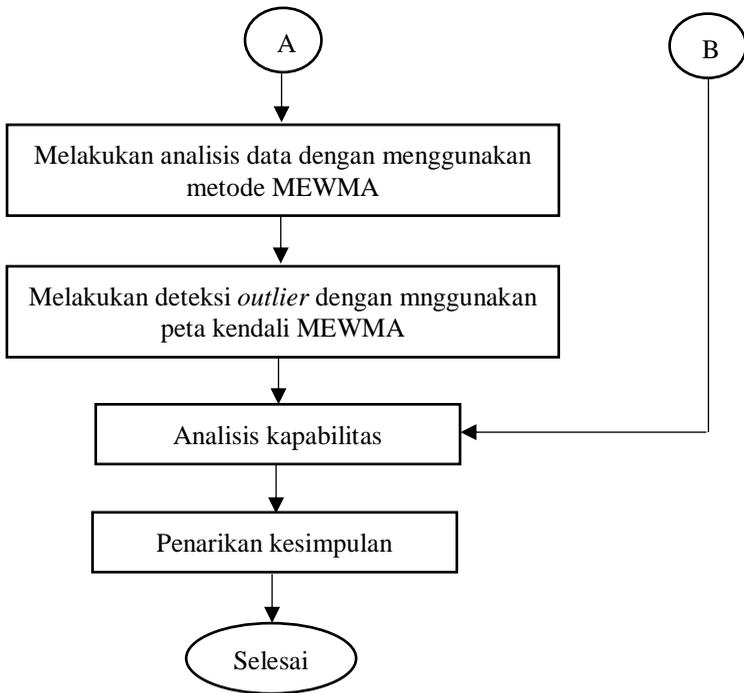
5. Mendeteksi dan mengidentifikasi penyebab terjadinya *out of control*.

6. Melakukan analisis kapabilitas proses.
7. Menarik kesimpulan.

3.4 Diagram Alir

Langkah analisis pada penelitian ini disajikan dalam bentuk bagan pada Gambar 3.1 yakni sebagai berikut.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Monitoring kualitas air PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo dilakukan dengan menggunakan grafik kendali MEWMA dan MEWMA. Selanjutnya dilakukan deteksi penyebab *out of control* pada grafik kendali MEWMA dengan menggunakan grafik kendali multivariat yakni MEWMA. Kemudian dilakukan analisis kapabilitas guna mengetahui apakah proses sudah kapabel atau tidak.

4.1 Deskripsi Kualitas Air

Pencatatan data kualitas air PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo dilakukan sebanyak 2 jam sekali dalam 1 hari, dimana karakteristik kualitas air prioritas ada 3, yakni kekeruhan, pH, dan sisa chlor. Berikut merupakan deskripsi mengenai data kualitas air PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo.

Tabel 4.1 Statistika Deskriptif

Karakteristik Kualitas	<i>Mean</i>	<i>Varians</i>	Min	Max	Batas Spesifikasi
Kekeruhan	1,2981	0,0215	1,05	1,83	5
pH	7,1030	0,000292	7,1	7,2	6,5 – 8,5
Sisa Chlor	0,13632	0,00273	0,08	0,9	5

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa rata-rata karakteristik kualitas kekeruhan, pH, dan sisa chlor masing-masing adalah sebesar 1,2981 , 7,1030 , dan 0,13632. Nilai rata-rata tersebut menunjukkan bahwa data variable kekeruhan, pH, dan sisa Chlor masih dalam batas spesifikasi yakni masing-masing adalah sebesar 5, 6,5-8,5, dan 5. Sedangkan nilai varians pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa keragaman data kualitas air adalah relatif kecil.

4.2 Uji Dependensi Karakteristik Kualitas Air

Uji dependensi dengan menggunakan uji Bartlett terhadap ketiga karakteristik kualitas air dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antarkarakteristik kualitas dalam kasus multivariate dengan menggunakan persamaan (2.1) dengan menggunakan taraf signifikansi sebesar 0,05. *P-value* yang didapatkan adalah sebesar 0,029 atau lebih kecil dari batas toleransi, sehingga dengan menggunakan hipotesis

$H_0 : \rho = 1$ (tidak ada korelasi)

$H_1 : \rho \neq 1$ (ada korelasi)

dapat diambil kesimpulan bahwa ketiga karakteristik kualitas air PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo adalah saling berkorelasi. Sehingga, dapat dilakukan analisis selanjutnya yakni pemeriksaan distribusi normal multivariat serta monitoring proses dengan menggunakan grafik kendali MEWMV dan MEWMA dapat dilakukan. *Output* lebih rinci adalah pada Lampiran 2.

4.3 Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat Karakteristik Kualitas Air

Pemeriksaan distribusi normal multivariat dilakukan untuk mengetahui apakah ketiga karakteristik berdistribusi normal atau tidak. Pemeriksaan normalitas data dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.2) dengan menggunakan taraf signifikansi yakni sebesar 0,05. *P-value* yang didapatkan adalah sebesar $2,2 \times e^{-16}$ atau lebih kecil dari batas toleransi, sehingga dengan menggunakan hipotesis

H_0 : Data berdistribusi normal multivariat

H_1 : Data tidak berdistribusi normal multivariat

dapat diambil kesimpulan bahwa data karakteristik kualitas air tidak berdistribusi normal. Meskipun data tidak berdistribusi normal, analisis tetap dilanjutkan dengan menggunakan grafik kendali multivariate MEWMV dan MEWMA karena grafik kendali MEWMA *robust* terhadap distribusi normal. *Output* lebih rinci adalah pada Lampiran 3.

4.4 Pengendalian Variabilitas Proses Kualitas Air PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo

Grafik kendali MEWMV digunakan untuk monitoring variabilitas proses kualitas air PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo. Pada penelitian ini digunakan pembobot ω dan λ antara 0,1 sampai 0,9 dengan nilai $\text{tr}(\mathbf{Vn})$ sebagai titik pengamatan variabilitas proses yang dihitung dengan menggunakan persamaan (2.14) dimana nilai pembobot tersebut digunakan untuk menentukan grafik kendali yang paling sensitive dalam mendeteksi variabilitas proses kualitas air.

Tahap awal yang dilakukan adalah monitoring variabilitas proses dengan menggunakan pembobotan dengan nilai yang sama untuk kombinasi ω dan λ sehingga diperoleh hasil pada Tabel 4.2 berikut. Nilai L lebih rinci adalah pada Lampiran 5.

Tabel 4.2 Diagram Kendali MEWMV dengan Kombinasi ω dan λ yang Sama

ω	λ	L	Max Tr(Vn)	<i>In Control pada Titik ke-</i>
0,1	0,1	2,7900	42,07	-
0,2	0,2	3,3086	33,42	-
0,3	0,3	3,6602	25,45	8
0,4	0,4	3,9219	18,70	6
0,5	0,5	4,1191	12,98	4
0,6	0,6	4,2715	8,31	3
0,7	0,7	4,3836	4,67	3
0,8	0,8	4,4590	2,08	2
0,9	0,9	4,4984	0,52	2

Tahap awal monitoring variabilitas proses dilakukan pembobotan dengan nilai kombinasi ω dan λ yang sama untuk mendapatkan pola plot $\text{tr}(\mathbf{Vn})$ pada grafik kendali MEWMV. Langkah selanjutnya adalah mengombinasikan salah satu nilai ω dengan nilai λ yang berbeda untuk mengamati nilai $\text{tr}(\mathbf{Vn})$ dan kecepatan kestabilan proses. Hasil kombinasi tersebut disajikan dengan menggunakan tabel yakni sebagai berikut.

Tabel 4.3 Diagram Kendali MEWMV dengan Kombinasi ω dan λ yang Beda

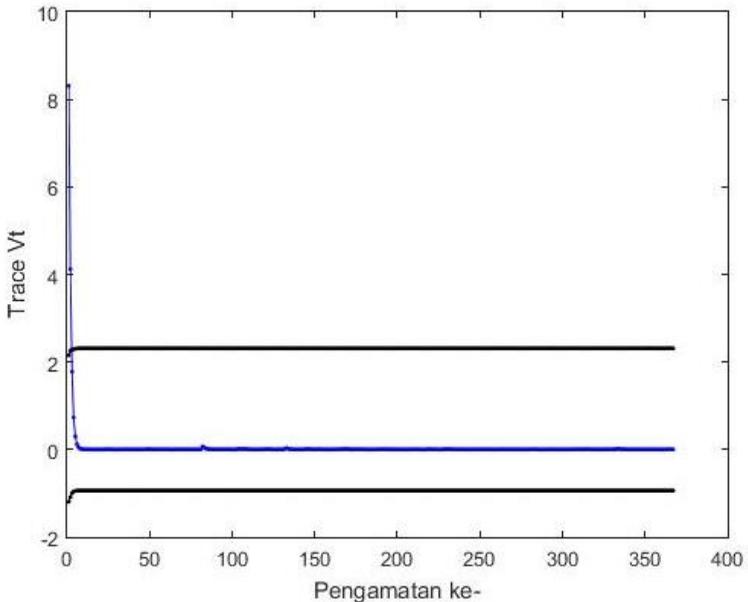
ω	λ	L	Max Tr(Vn)	In Control pada Titik ke-
0.2	0.8	3,3594	2,08	-
0.4	0.6	3,9395	8,31	5
0.7	0.3	4,3816	25,45	4
0.9	0.1	4,5234	42,07	8

Berdasarkan Tabel 4.2 dan 4.3 dapat diketahui bahwa nilai ω sangat memengaruhi kecepatan kestabilan proses. Hal tersebut dapat dilihat pada nilai $\omega = 0,4$ dimana titik proses mulai stabil pada Tabel 4.2 dan 4.3 masing-masing adalah sebanyak 6 dan 5. Nilai tersebut menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda walaupun nilai $\omega = 0,4$ dikombinasikan dengan nilai $\lambda = 0,4$ dan $\lambda = 0,6$.

Nilai λ memengaruhi titik $\text{tr}(\mathbf{Vn})$ maksimal pada grafik kendali MEWMV. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan 4.3 dengan nilai $\lambda = 0,1$ dikombinasikan dengan nilai ω sebesar 0,1 dan 0,9 didapatkan nilai $\text{tr}(\mathbf{Vn})$ maksimal yang sama yakni sebesar 42,07. Sehingga, dapat diambil kesimpulan bahwa semakin tinggi nilai ω , kestabilan proses akan semakin cepat. Sedangkan, semakin tinggi nilai λ , maka nilai $\text{tr}(\mathbf{Vn})$ maksimal akan semakin kecil.

Ditinjau dari titik proses mulai terkendali serta nilai titik $\text{tr}(\mathbf{Vn})$ terjauh dari BKA, dapat disimpulkan bahwa kombinasi nilai pembobot ω dan λ yang memungkinkan untuk digunakan adalah kombinasi nilai ω dan λ sebesar 0,6 sampai 0,9.

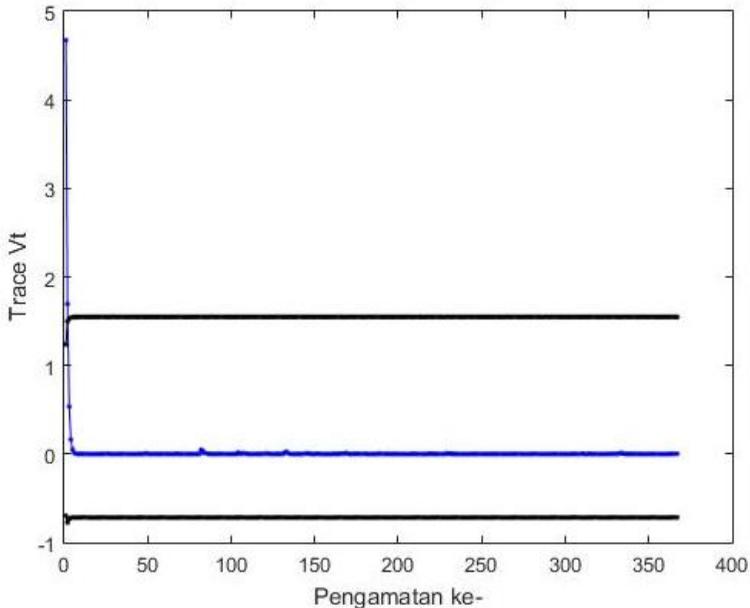
Grafik kendali MEWMV dengan pembobotan $\omega = 0,6$, $\lambda = 0,6$, dan $L = 4,2715$ dengan titik pengamatan $\text{tr}(\mathbf{Vn})$ didapatkan dari persamaan (2.14) disajikan pada Gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4.1 Grafik Kendali MEWMV $\omega = 0,6$ dan $\lambda = 0,6$

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat diketahui bahwa dengan menggunakan nilai pembobot $\omega = 0,6$ dan $\lambda = 0,6$ serta nilai L yakni sebesar 4,2715 proses mengalami *burn in period* hingga pengamatan ke-2, dimana setelahnya pengamatan berada dalam batas kendali dengan nilai BKA dan BKB masing-masing yakni sebesar 2,31 dan -0,93 yang didapatkan dari persamaan (2.17). Sehingga, dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan nilai pembobot $\omega = 0,6$ dan $\lambda = 0,6$, variabilitas proses telah terkendali secara statistik.

Monitoring variabilitas proses kualitas air selanjutnya dengan grafik kendali MEWMV dilakukan dengan menggunakan pembobotan $\omega = 0,7$, $\lambda = 0,7$, dan $L = 4,3836$ disajikan pada Gambar 4.2 sebagai berikut.

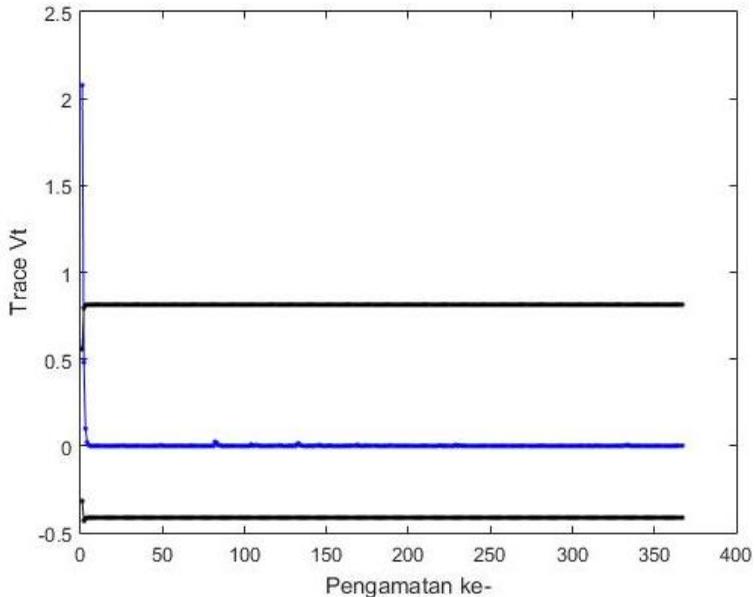


Gambar 4.2 Grafik Kendali MEWMA $\omega = 0,7$ dan $\lambda = 0,7$

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat diketahui bahwa dengan menggunakan nilai pembobot $\omega = 0,7$ dan $\lambda = 0,7$ serta nilai L yakni sebesar 4,3836 proses mengalami *burn in period* hingga pengamatan ke-2, dimana setelahnya pengamatan berada dalam batas kendali dengan nilai BKA dan BKB masing-masing yakni sebesar 1,55 dan -0,72 yang didapatkan dari persamaan (2.17). Sehingga, dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan nilai pembobot $\omega = 0,7$ dan $\lambda = 0,7$, variabilitas proses telah terkendali secara statistik.

Selanjutnya, monitoring variabilitas proses kualitas air dilakukan dengan menggunakan grafik kendali MEWMA dengan

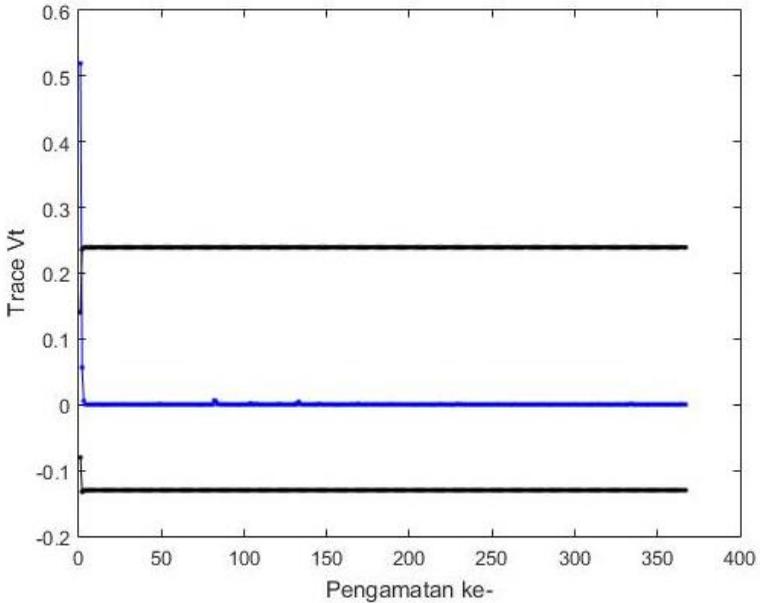
pembobotan $\omega = 0,8$, $\lambda = 0,8$, dan $L = 4,4590$ disajikan pada Gambar 4.3 sebagai berikut.



Gambar 4.3 Grafik Kendali MEWMAV $\omega = 0,8$ dan $\lambda = 0,8$

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat diketahui bahwa dengan menggunakan nilai pembobot $\omega = 0,8$ dan $\lambda = 0,8$ serta nilai L yakni sebesar 4,4590 proses mengalami *burn in period* hingga pengamatan ke-1, dimana setelahnya pengamatan berada dalam batas kendali dengan nilai BKA dan BKB masing-masing yakni sebesar 0,81 dan -0,41 yang didapatkan dari persamaan (2.17). Sehingga, dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan nilai pembobot $\omega = 0,8$ dan $\lambda = 0,8$, variabilitas proses telah terkendali secara statistik.

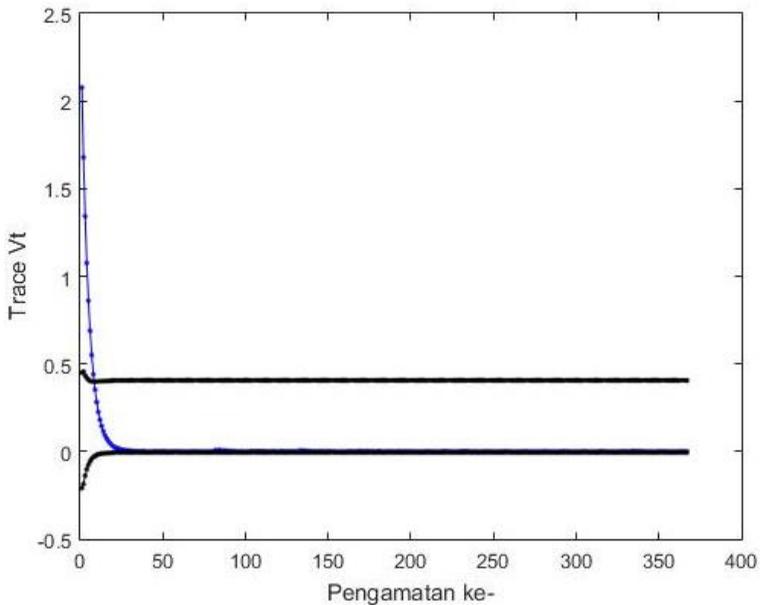
Monitoring variabilitas proses kualitas air selanjutnya dilakukan dengan menggunakan grafik kendali MEWMAV dengan pembobotan $\omega = 0,9$, $\lambda = 0,9$, dan $L = 4,4984$ disajikan pada Gambar 4.4 sebagai berikut.



Gambar 4.4 Grafik Kendali MEWMAV $\omega = 0,9$ dan $\lambda = 0,9$

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa dengan menggunakan nilai pembobot $\omega = 0,9$ dan $\lambda = 0,9$ serta nilai L yakni sebesar 4,4984 proses mengalami *burn in period* hingga pengamatan ke-1, dimana setelahnya pengamatan berada dalam batas kendali dengan nilai BKA dan BKB masing-masing yakni sebesar 0,22 dan -0,11 yang didapatkan dari persamaan (2.17). Sehingga, dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan nilai pembobot $\omega = 0,9$ dan $\lambda = 0,9$, variabilitas proses telah terkendali secara statistik.

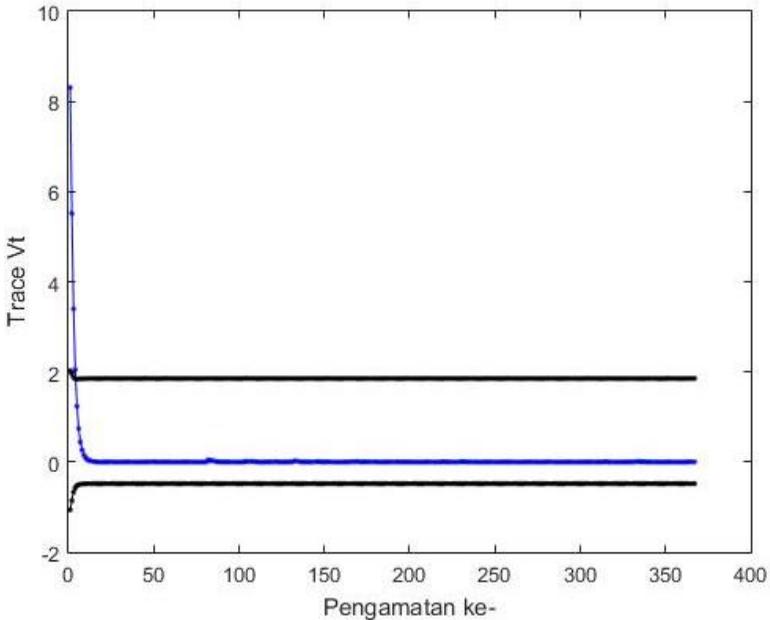
Kemudian dilakukan monitoring variabilitas proses kualitas air dengan menggunakan grafik kendali MEWMAV dengan pembobotan $\omega = 0,2$, $\lambda = 0,8$, dan $L = 3,3594$ yang disajikan pada Gambar 4.5 sebagai berikut.



Gambar 4.5 Grafik Kendali MEWMV $\omega = 0,2$ dan $\lambda = 0,8$

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat diketahui bahwa dengan menggunakan nilai pembobot $\omega = 0,2$ dan $\lambda = 0,8$ serta nilai L yakni sebesar 3,3594 proses mengalami *burn in period* hingga pengamatan ke-8, dimana setelahnya pengamatan berada di luar batas kendali dengan nilai BKA dan BKB masing-masing yakni sebesar 0,38 dan 0,01 yang didapatkan dari persamaan (2.17). Sehingga, dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan nilai pembobot $\omega = 0,2$ dan $\lambda = 0,8$, variabilitas proses belum terkendali secara statistik.

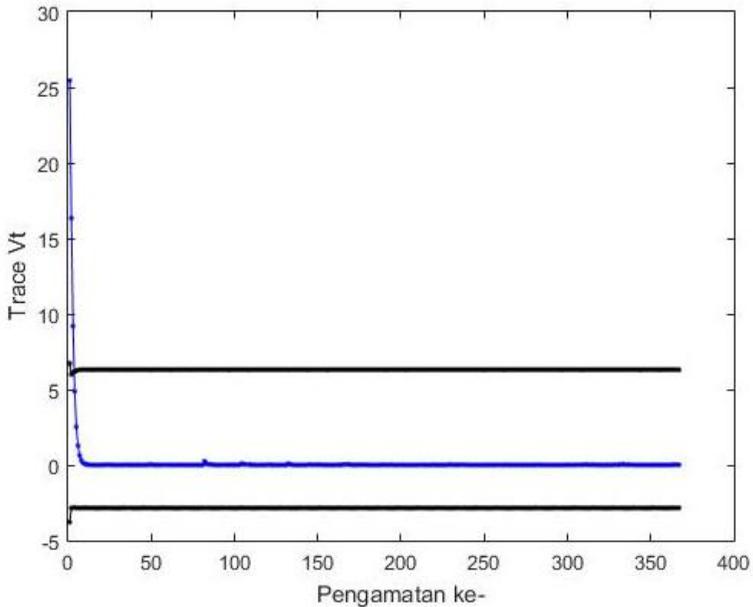
Monitoring variabilitas proses kualitas air dilakukan dengan menggunakan grafik kendali MEWMV dengan pembobotan yang berbeda yakni $\omega = 0,4$, $\lambda = 0,6$, dan $L = 3,9395$ disajikan pada Gambar 4.6 sebagai berikut.



Gambar 4.6 Grafik Kendali MEWMA $\omega = 0,4$ dan $\lambda = 0,6$

Berdasarkan Gambar 4.6 dapat diketahui bahwa dengan menggunakan nilai pembobot $\omega = 0,4$ dan $\lambda = 0,6$ serta nilai L yakni sebesar 3,9395 proses mengalami *burn in period* hingga pengamatan ke-4, dimana setelahnya pengamatan berada di dalam batas kendali dengan nilai BKA dan BKB masing-masing yakni sebesar 1,8 dan -0,48 yang didapatkan dari persamaan (2.17). Sehingga, dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan nilai pembobot $\omega = 0,4$ dan $\lambda = 0,6$, variabilitas proses telah terkendali secara statistik.

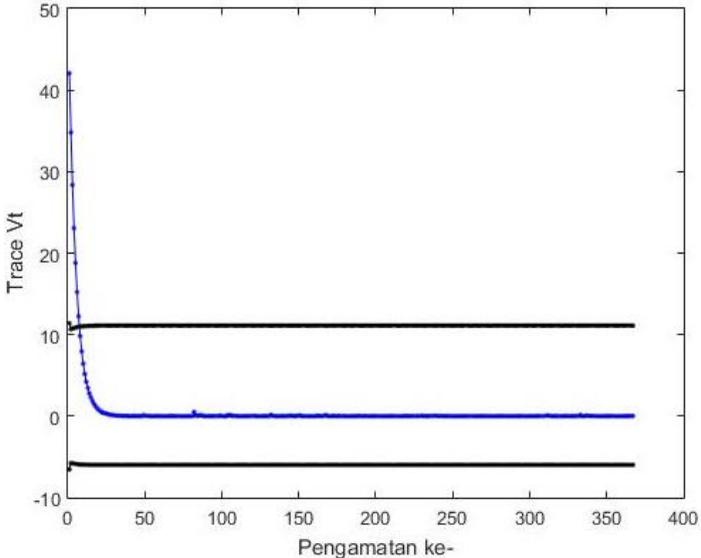
Monitoring variabilitas proses kualitas air dengan menggunakan grafik kendali MEWMA dengan pembobotan $\omega = 0,7$, $\lambda = 0,3$, dan $L = 4,3816$ disajikan pada Gambar 4.7 sebagai berikut.



Gambar 4.7 Grafik Kendali MEWMA $\omega = 0,7$ dan $\lambda = 0,3$

Berdasarkan Gambar 4.7 dapat diketahui bahwa dengan menggunakan nilai pembobot $\omega = 0,7$ dan $\lambda = 0,3$ serta nilai L yakni sebesar 4,3816 proses mengalami *burn in period* hingga pengamatan ke-3, dimana setelahnya pengamatan berada di dalam batas kendali dengan nilai BKA dan BKB masing-masing yakni sebesar 6,29 dan -2,85 yang didapatkan dari persamaan (2.17). Sehingga, dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan nilai pembobot $\omega = 0,7$ dan $\lambda = 0,3$, variabilitas proses telah terkendali secara statistik.

Selanjutnya dilakukan monitoring variabilitas proses kualitas air dengan menggunakan grafik kendali MEWMA dengan pembobotan $\omega = 0,9$, $\lambda = 0,1$, dan $L = 4,5234$ disajikan pada Gambar 4.8 sebagai berikut.



Gambar 4.8 Grafik Kendali MEWMV $\omega = 0,9$ dan $\lambda = 0,1$

Berdasarkan Gambar 4.8 dapat diketahui bahwa dengan menggunakan nilai pembobot $\omega = 0,9$ dan $\lambda = 0,1$ serta nilai L yakni sebesar 4,5234 proses mengalami *burn in period* hingga pengamatan ke-7, dimana setelahnya pengamatan berada di dalam batas kendali dengan nilai BKA dan BKB masing-masing yakni sebesar 11,02 dan -5,98 yang didapatkan dari persamaan (2.17). Sehingga, dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan nilai pembobot $\omega = 0,9$ dan $\lambda = 0,1$, variabilitas proses telah terkendali secara statistik.

Penentuan pembobot yang optimum dapat dilihat dari jumlah pengamatan *out of control* yang paling minimum. Namun, cara lebih baik untuk menentukan pembobot adalah dengan menghitung nilai dari $|\max tr(V_n) - BKA|$ yang merupakan nilai *error*. Selain itu juga dapat dilihat dari rentang nilai batas kendali yang

lebih sempit. Hasil kombinasi ω dan λ bernilai 0,6 sampai 0,9 disajikan dalam bentuk tabel 4.4 yakni sebagai berikut.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan MEWMV untuk Nilai $|\max tr(V_n) - BKA|$

ω	λ	L	$\max tr(V_n)$	BKA	$ \max tr(V_n) - BKA $	BKB	$ BKA - BKB $	In Control Pada Titik ke-
0.6	0.6	4.2715	8.309	2.31	5.999	-9.39	11.70	5
0.6	0.7	4.2734	4.674	1.41	3.264	-0.58	1.99	5
0.6	0.8	4.2813	2.077	0.69	1.387	-0.29	0.98	5
0.6	0.9	4.2715	0.519	0.19	0.329	-0.08	0.27	5
0.7	0.6	4.3875	8.309	2.54	5.769	-1.17	3.71	5
0.7	0.7	4.3836	4.674	1.55	3.127	-0.72	2.26	5
0.7	0.8	4.3836	2.077	0.75	1.327	-0.35	1.10	4
0.7	0.9	4.3758	0.519	0.20	0.319	-0.10	0.30	4
0.8	0.6	4.4688	8.309	2.77	5.539	-1.40	4.17	5
0.8	0.7	4.4629	4.674	1.68	2.994	-0.85	2.53	4
0.8	0.8	4.4590	2.077	0.81	1.264	-4.13	4.95	4
0.8	0.9	4.4551	0.519	0.22	0.299	-0.11	0.33	4
0.9	0.6	4.5137	8.309	2.99	5.319	-1.62	4.61	4
0.9	0.7	4.5098	4.674	1.82	2.854	-0.99	2.81	4
0.9	0.8	4.5078	2.077	0.88	1.197	-0.48	1.36	4
0.9	0.9	4.4984	0.519	0.22	0.300	-0.11	0.33	4

Tabel 4.4 menunjukkan beberapa kombinasi nilai pembobot dalam membuat grafik kendali MEWMV. Ditinjau dari jumlah pengamatan yang *out of control* paling sedikit adalah ketika menggunakan nilai pembobot $\omega = 0,7$ dan $\lambda = 0,9$ dengan jumlah pengamatan *out of control* yakni sebanyak 3. Ditinjau dari nilai $|\max tr(V_n) - BKA|$, dengan menggunakan nilai pembobot $\omega = 0,7$ dan $\lambda = 0,9$ didapatkan nilai $|\max tr(V_n) - BKA|$ yakni sebesar

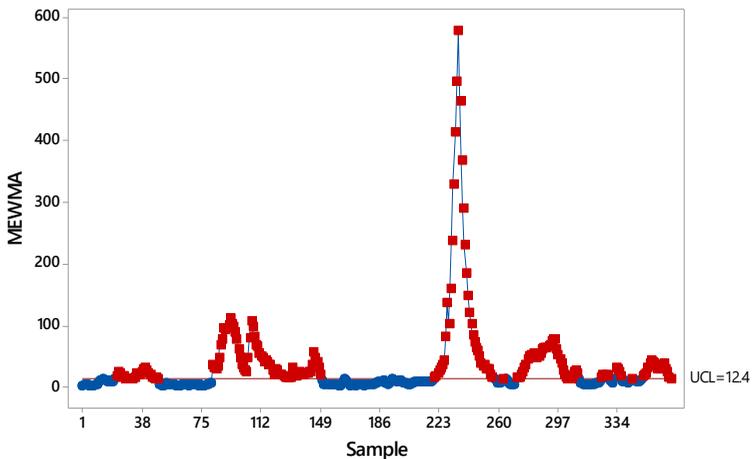
0,319 serta didapatkan nilai BKA dan BKB yang tidak jauh berbeda yakni 0,2 dan -0,11. Dengan mempertimbangkan ketiganya, nilai pembobot $\omega = 0,7$ dan $\lambda = 0,9$ adalah nilai pembobot yang optimum. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa variabilitas proses sudah terkendali secara statistik dikarenakan tidak terdapat pengamatan yang *out of control*.

Selanjutnya dilakukan pengendalian rata-rata proses menggunakan diagram kendali MEWMA terhadap data yang sudah *in control* pada diagram kendali MEWMV yang diperoleh.

4.5 Pengendalian *Mean* Proses Kualitas Air PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo

Pengendalian *mean* proses dapat dilakukan dengan menggunakan grafik kendali MEWMA. Titik yang di plot merupakan nilai yang sudah di boboti dengan nilai pembobot yang telah ditentukan sebelumnya yakni bernilai 0,9 sampai dengan 0,1. Titik pengamatan T_i^2 didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.19).

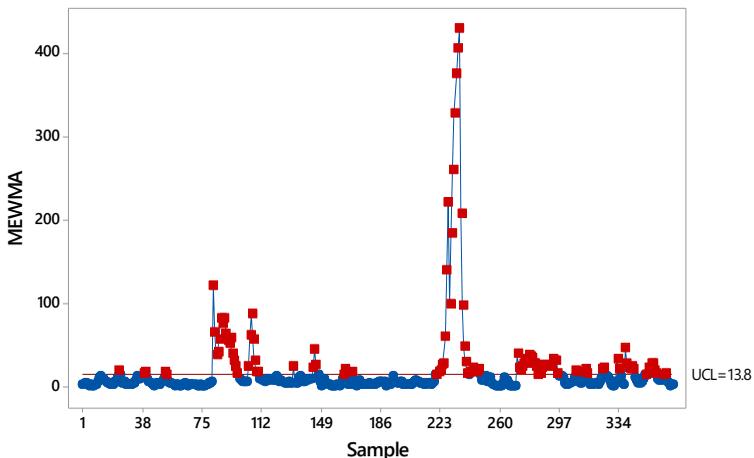
Grafik kendali MEWMA dngan pembobot $\lambda = 0,1$ disajikan dalam bentuk Gambar 4.9 yakni sebagai berikut.



Gambar 4.9 Grafik Kendali MEWMA $\lambda = 0,1$

Berdasarkan Gambar 4.9 dapat diketahui bahwa nilai BKA yang didapatkan adalah sebesar 12,4 dan BKB adalah 0. Nilai $\max(T_i^2)$ sebesar 576,3 yakni pada pengamatan 235. Titik-titik berwarna merah mengindikasikan bahwa pengamatan tersebut di luar batas kendali. Jumlah pengamatan yang berada di luar batas kendali adalah sebanyak 194 pengamatan. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa *mean* proses kualitas air PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo belum terkendali secara statistik.

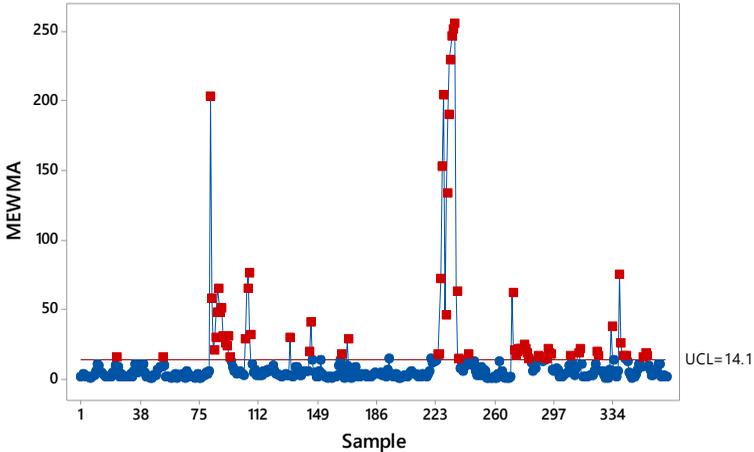
Selanjutnya, dilakukan pengendalian *mean* proses kualitas air dengan nilai pembobot $\lambda = 0,3$. Grafik kendali disajikan dalam bentuk Gambar 4.10 sebagai berikut.



Gambar 4.10 Grafik Kendali MEWMA $\lambda = 0,3$

Berdasarkan Gambar 4.10 dapat diketahui bahwa nilai BKA yang didapatkan adalah sebesar 13,8 dan BKB adalah 0. Nilai $\max(T_i^2)$ sebesar 428,8 yakni pada pengamatan 235. Titik-titik berwarna merah mengindikasikan bahwa pengamatan tersebut di luar batas kendali. Jumlah pengamatan yang berada di luar batas kendali adalah sebanyak 109 pengamatan. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa *mean* proses kualitas air PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo belum terkendali secara statistik.

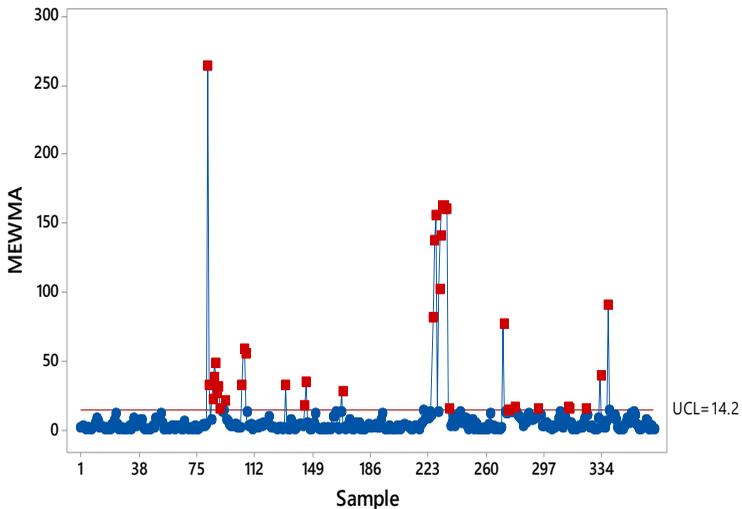
Kemudian dilakukan pengendalian *mean* proses kualitas air dengan nilai pembobot $\lambda = 0,5$. Grafik kendali disajikan dalam bentuk Gambar 4.11 sebagai berikut.



Gambar 4.11 Grafik Kendali MEWMA $\lambda = 0,5$

Berdasarkan Gambar 4.11 dapat diketahui bahwa nilai BKA yang didapatkan adalah sebesar 14,1 dan BKB adalah 0. Nilai $\max(T_i^2)$ sebesar 255 yakni pada pengamatan 235. Titik-titik berwarna merah mengindikasikan bahwa pengamatan tersebut di luar batas kendali. Jumlah pengamatan yang berada di luar batas kendali adalah sebanyak 69 pengamatan. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa *mean* proses kualitas air PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo belum terkendali secara statistik.

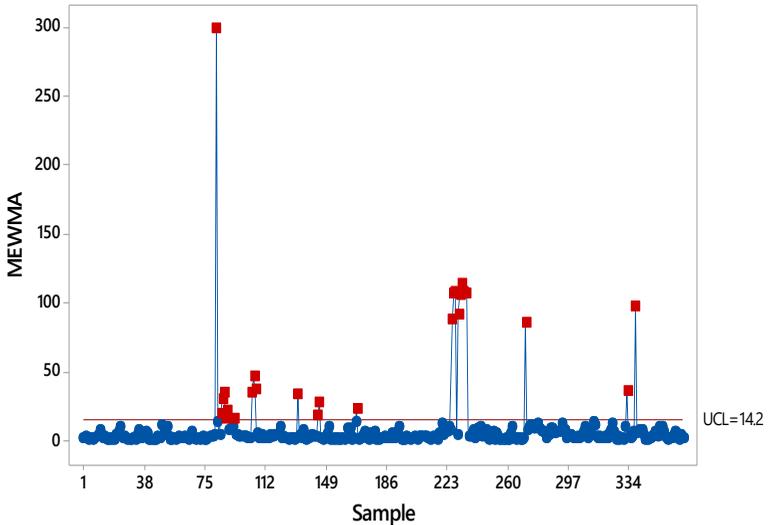
Pengendalian *mean* proses kualitas air PDAM Delta Turta Kabupaten Sidoarjo selanjutnya dilakukan dengan menggunakan nilai pembobot $\lambda = 0,7$. Grafik kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA) untuk nilai pembobot $\lambda = 0,7$ disajikan dalam bentuk Gambar 4.12 sebagai berikut.



Gambar 4.12 Grafik Kendali MEWMA $\lambda = 0,7$

Berdasarkan Gambar 4.12 dapat diketahui bahwa nilai BKA yang didapatkan adalah sebesar 14,2 dan BKB adalah 0. Nilai $\max(T_i^2)$ sebesar 263.6 yakni pada pengamatan 82. Titik-titik berwarna merah mengindikasikan bahwa pengamatan tersebut di luar batas kendali. Jumlah pengamatan yang berada di luar batas kendali adalah sebanyak 36 pengamatan. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa *mean* proses kualitas air PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo belum terkendali secara statistik.

Setelah pengendalian *mean* proses kualitas air dilakukan dengan menggunakan nilai pembobot $\lambda = 0,7$, analisis variabilitas proses selanjutnya adalah dengan menggunakan nilai pembobot $\lambda = 0,9$. Pengendalian *mean* proses kualitas air PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo dengan menggunakan nilai pembobot $\lambda = 0,9$ disajikan dalam bentuk Gambar 4.13 sebagai berikut.



Gambar 4.13 Grafik Kendali MEWMA $\lambda = 0,9$

Berdasarkan Gambar 4.13 dapat diketahui bahwa nilai BKA yang didapatkan adalah sebesar 14,2 dan BKB adalah 0. Nilai $\max(T_i^2)$ sebesar 298.8 yakni pada pengamatan 82. Titik-titik berwarna merah mengindikasikan bahwa pengamatan tersebut di luar batas kendali. Jumlah pengamatan yang berada di luar batas kendali adalah sebanyak 26 pengamatan. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa *mean* proses kualitas air PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo belum terkendali secara statistik.

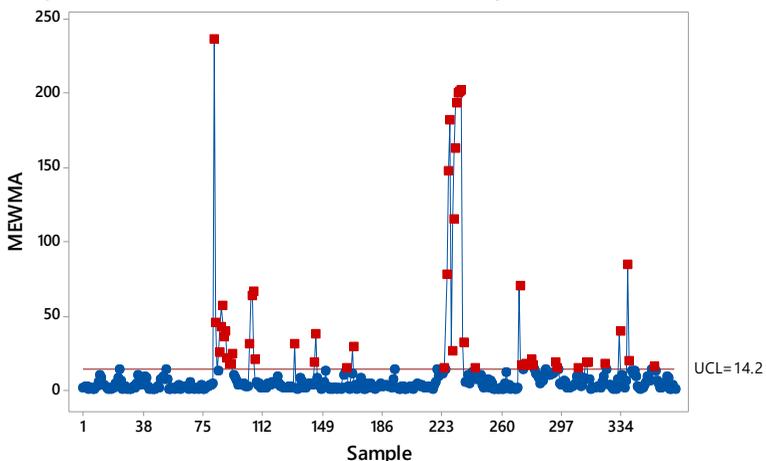
Penentuan nilai pembobot λ dapat dengan melihat jumlah pengamatan *out of control* yang paling sedikit diantara nilai pembobot λ yang lain. Selain itu, nilai pembobot λ yang optimum dapat ditentukan dengan perhitungan selisih antara nilai $\max(T_i^2)$ dengan nilai BKA. Nilai pembobot λ yang optimum adalah selisih yang terkecil. Perhitungan lebih detail disajikan dalam bentuk Tabel 4.5 yakni sebagai berikut.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan MEWMA untuk Nilai $\lambda = 0,1$ sampai $\lambda = 0,9$

Bobot	BKA	$\max(T_i^2)$	Selisih	OOC
0.1	12.4	576.3	563.9	194
0.2	13.4	545.9	532.5	141
0.3	13.8	428.8	415	109
0.4	14	328.9	314.9	87
0.5	14.1	255	240.9	69
0.6	14.2	236.1	221.9	51
0.7	14.2	263.6	249.4	36
0.8	14.2	284.6	270.4	28
0.9	14.2	298.8	284.6	26

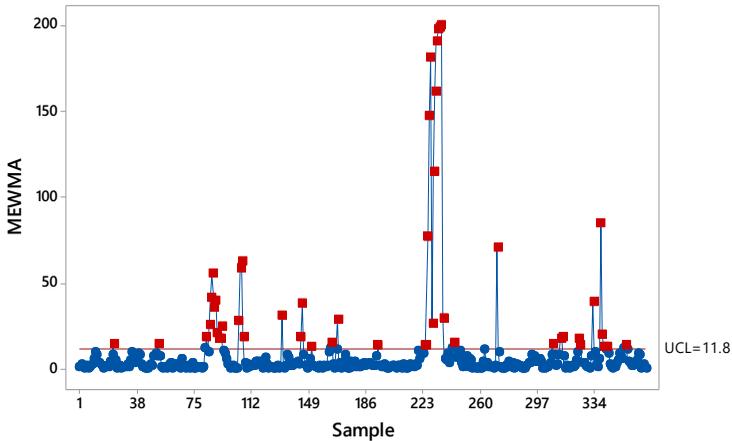
Berdasarkan Tabel 4.5 diketahui bahwa nilai pembobot paling optimum yakni adalah $\lambda = 0,6$. nilai pembobot tersebut dipilih dengan mempertimbangkan jumlah pengamatan *out of control* yang relatif sedikit dan selisih antara $\max(T_i^2)$ dan nilai BKA yang paling kecil diantara nilai pembobot yang lainnya.

Grafik kendali MEWMA dengan nilai pembobot $\lambda = 0,6$ disajikan dalam bentuk Gambar 4.14 sebagai berikut.

**Gambar 4.14** Grafik Kendali MEWMA $\lambda = 0,6$

4.6 Deteksi *Out Of Control* dengan Menggunakan Grafik Kendali MEWMA

Guna mengetahui penyebab *out of control* pada grafik kendali MEWMA dapat dilakukan deteksi karakteristik kualitas penyebab *out of control* dengan menggunakan grafik kendali MEWMA. Deteksi *out of control* pada grafik kendali MEWMA dilakukan dengan menggunakan data pengamatan multivariat dimana nilai pembobot λ yang digunakan adalah nilai pembobot optimum pada grafik kendali MEWMA sebelumnya yakni sebesar 0,6. Grafik kendali MEWMA dengan karakteristik kualitas kekeruhan dan pH disajikan dalam bentuk Gambar 4.15 sebagai berikut.

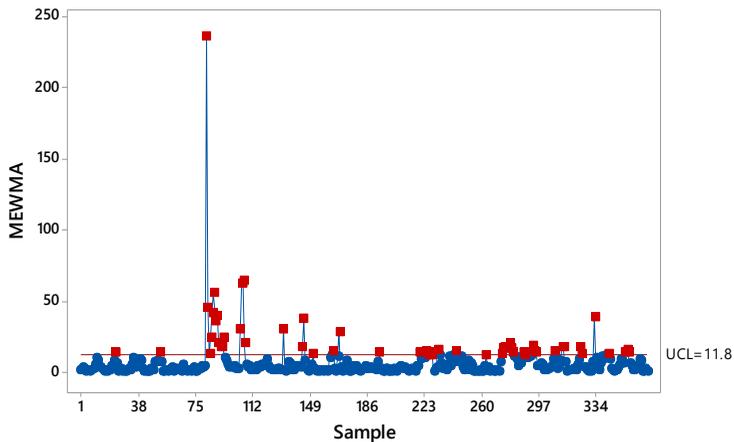


Gambar 4.15 Grafik Kendali MEWMA $\lambda = 0,6$ Karakteristik Kualitas Kekeruhan dan pH

Berdasarkan Gambar 4.15 dapat diketahui bahwa nilai UCL pada grafik kendali MEWMA dengan nilai pembobot $\lambda = 0,6$ adalah sebesar 11,8. Titik-titik berwarna merah mengindikasikan bahwa titik pengamatan tersebut berada di luar batas kendali yakni sebanyak 49 pengamatan. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa

karakteristik kualitas kekeruhan dan pH belum terkendali secara statistik.

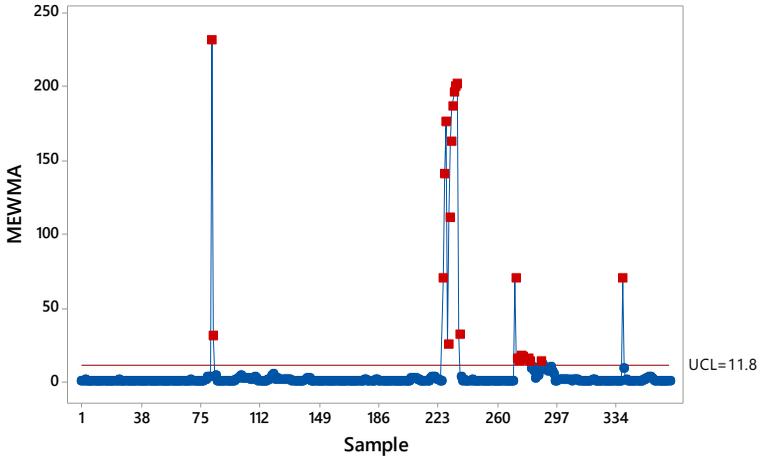
Deteksi *out of control* lain adalah pada karakteristik kualitas kekeruhan dan sisa chlor. Grafik kendali MEWMA karakteristik kualitas kekeruhan dan sisa chlor dengan nilai pembobot $\lambda = 0,6$ disajikan dalam bentuk Gambar 4.16 sebagai berikut.



Gambar 4.16 Grafik Kendali MEWMA $\lambda = 0,6$ Karakteristik Kualitas Kekeruhan dan Sisa Chlor

Berdasarkan Gambar 4.16 dapat diketahui bahwa nilai UCL pada grafik kendali MEWMA dengan nilai pembobot $\lambda = 0,6$ adalah sebesar 11,8. Titik-titik berwarna merah mengindikasikan bahwa titik pengamatan tersebut berada di luar batas kendali yakni sebanyak 57 pengamatan. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa karakteristik kualitas kekeruhan dan sisa chlor belum terkendali secara statistik.

Deteksi *out of control* lain adalah pada karakteristik kualitas pH dan sisa chlor. Grafik kendali MEWMA karakteristik kualitas pH dan sisa chlor dengan nilai pembobot $\lambda = 0,6$ disajikan dalam bentuk Gambar 4.17 sebagai berikut.



Gambar 4.17 Grafik Kendali MEWMA $\lambda = 0,6$ Karakteristik Kualitas pH dan Sisa Chlor

Berdasarkan Gambar 4.17 dapat diketahui bahwa nilai UCL pada grafik kendali MEWMA dengan nilai pembobot $\lambda = 0,6$ adalah sebesar 11,8. Titik-titik berwarna merah mengindikasikan bahwa titik pengamatan tersebut berada di luar batas kendali yakni sebanyak 25 pengamatan. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa karakteristik kualitas kekeruhan dan sisa chlor belum terkendali secara statistik.

Meskipun ketiga karakteristik kualitas tidak terkendali secara statistik, jika dilihat dari jumlah pengamatan *out of control* yang paling sedikit adalah karakteristik kualitas pH dan sisa chlor. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa penyebab utama *out of control* pada grafik kendali MEWMA adalah karakteristik kualitas kekeruhan.

4.7 Analisis Kapabilitas

Analisis kapabilitas digunakan untuk mengetahui secara keseluruhan bagaimana kinerja dari proses yang dilakukan dalam pengolahan air PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo. Indeks yang digunakan untuk mengukur kapabilitas proses dalam

penelitian ini adalah P_p dan P_{pk} . Hasil perhitungan analisis kapabilitas disajikan dalam bentuk Tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4.6 Analisis Kapabilitas

Karakteristik kualitas	P_p	P_{pk}
Kekeruhan	5,68	2,95
pH	19,52	11,77
Sisa Chlor	15,95	0,87

Indeks P_p dalam kapabilitas hanya menggambarkan presisi proses, sedangkan indeks P_{pk} menggambarkan akurasi dan presisi proses. Berdasarkan Tabel 4.6 dapat diketahui bahwa nilai P_p dan P_{pk} karakteristik kualitas kekeruhan adalah masing-masing sebesar 5,68 dan 2,95. Karena nilai tersebut lebih dari 1,33 maka dapat dikatakan bahwa karakteristik kualitas kekeruhan memiliki presisi dan akurasi yang baik. Pada karakteristik kualitas pH nilai P_p dan P_{pk} masing-masing sebesar 19,52 dan 11,77. Karena nilai tersebut lebih dari 1,33 maka dapat dikatakan bahwa karakteristik kualitas pH memiliki presisi dan akurasi yang baik. Pada karakteristik kualitas sisa chlor nilai P_p dan P_{pk} masing-masing sebesar 15,95 dan 0,87. Karena nilai P_p yang didapatkan lebih dari 1,33 maka dapat dikatakan bahwa proses memiliki presisi yang baik namun memiliki akurasi yang kurang baik karena nilai P_{pk} kurang dari 1,33.

Secara multivariat, perhitungan indeks kapabilitas MP_p dan MP_{pk} dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.24) dimana hasil perhitungannya masing-masing adalah sebesar 11,532 dan 4,09. Karena nilai MP_p dan MP_{pk} tersebut diatas 1,33, maka dapat disimpulkan bahwa kinerja proses telah kapabel. Berikut merupakan perhitungan indeks kapabilitas MP_p dan MP_{pk} .

$$MP_p = (5,68 \times 0,5) + (19,52 \times 0,2) + (15,96 \times 0,3) = 11,532$$

$$MP_{pk} = (2,95 \times 0,5) + (11,77 \times 0,2) + (0,87 \times 0,3) = 4,09$$

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada Bab IV, dapat disimpulkan bahwa pembobot optimum pada grafik kendali MEWMV adalah dengan nilai pembobot $\omega = 0,7$ dan $\lambda = 0,9$ dimana variabilitas proses telah terkendali secara statistik. Sedangkan, pembobot optimum pada grafik kendali MEWMA adalah dengan nilai pembobot $\lambda = 0,6$ dimana *mean* proses belum terkendali secara statistik dengan penyebab utama yaitu karakteristik kualitas sisa chlor.

Hasil perhitungan kapabilitas menunjukkan nilai MP_p dan MP_{pk} masing-masing adalah sebesar 11,532 dan 4,09. Karena nilai MP_p dan MP_{pk} tersebut diatas 1,33, maka dapat disimpulkan bahwa proses telah kapabel pada ketiga karakteristik kualitas.

5.2 Saran

Untuk meminimalisir kesalahan dalam input data oleh peneliti, sebaiknya perusahaan melakukan pencatatan data kualitas air secara digital yakni input data berbasis komputer. Selain itu, sebaiknya dilakukan pengecekan terhadap kelayakan penggunaan alat agar kesalahan pencatatan data kualitas air dapat di minimalisir sehingga hasil analisis dapat lebih akurat. Hasil penelitian ini tidak menjamin hasil kualitas air PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo karena adanya faktor lain yang perlu diperbaiki seperti sistem pengambilan datanya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- BPPSPAM. (2010). *Permenkes Nomor 492 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*. Dipetik Februari 13, 2019, dari www.bppspam.com/digilib/index.php/component/flippingbook/book/47-permenkes-no-492-ttg-persyaratan-kualitas-air-minum/5-peraturan-menteri.
- Fitriasari, D. (2018). *Pengendalian Kualitas Bulb Lampu Pijar Tipe PS 47 di PT. Sinar Angkasa Rungkut Menggunakan Diagram Kendali Multivariat*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Huwang, L., Yeh, A. B., & Chien-Wei. (2007). Monitoring Multivariate Process Variability for Individual Observation. *Journal of Quality Industry*, 39, 258-278.
- Johnson, R.A, & Wichern, D.W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall.
- Kotler, P. (2005). *Marketing Management*. New Jersey: Prentice Hall.
- Lowry, C. A., Champ, C. W., & Ridgon, S. E. (1992). A Multivariate Exponentially Weighted Moving Average Chart. *Technometrics*, 34, 46-53.
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control 6th edition*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Montgomery, D. C. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control 7th edition*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Mulia, R. (2005). *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- PDAM Sidoarjo. (2018). *PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo*. Dipetik Februari 13, 2019, dari pdam.sidoarjo.kab.go.id/index.php
- PDAM Tirta Moedal Kota Semarang. (2014). *Proses Pengolahan Air*. Dipetik Maret 9, 2019, dari www.pdamkotasmg.co.id/produksi/proses-pengolahan.html

- Raissi, S. (2009). Multivariate Process Capability Indices on The Presence of Priority for Quality Characteristics. *Journal of Industrial Engineering International*, 5, 27-36.
- Septiana, N. D. (2018). *Pengendalian Kualitas Air PDAM Surya Sembada Kota Surabaya Pada Instalasi Ngagel II Menggunakan Grafik Kendali Multivariat*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Slamet, J. S. (2007). *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Kualitas Air

No	Kekeruhan	pH	Sisa Chlor
1	1,23	7,1	0,1
2	1,19	7,1	0,11
3	1,25	7,1	0,11
4	1,3	7,1	0,14
5	1,39	7,1	0,13
6	1,37	7,1	0,14
7	1,29	7,1	0,13
8	1,21	7,1	0,13
9	1,18	7,1	0,12
10	1,14	7,1	0,13
11	1,09	7,1	0,13
12	1,15	7,1	0,15
13	1,24	7,1	0,14
14	1,2	7,1	0,16
15	1,26	7,1	0,14
16	1,3	7,1	0,12
17	1,22	7,1	0,13
18	1,28	7,1	0,14
19	1,22	7,1	0,13
20	1,25	7,1	0,13
21	1,15	7,1	0,12
22	1,1	7,1	0,13
23	1,05	7,1	0,13
⋮	⋮	⋮	⋮
367	1,26	7,1	0,11

Lampiran 2. Output Uji Dependensi**KMO and Bartlett's Test**

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.458
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	8.993
	df	3
	Sig.	.029

Lampiran 3. Output Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat

```
> mshapiro.test(x)
```

```
shapiro-wilk normality test
```

```
data: Z
```

```
w = 0.51104, p-value < 2.2e-16
```

Lampiran 4. Syntax Grafik Kendali MEWMV

```
X=importdata("C:/Users/NisarStatistika/Documents/MATLAB/wulan.txt");
omega=0.7;
lamda=0.9;
p=3;
L=4.3758;
[brsX,klmX]=size(X);
t=brsX;
I=eye(t);
for i=1:t
    elemen(i)=lamda*(1-lamda)^(i-1);
end
for i=1:t
    for j=1:t
        if i<j
            M(i,j)=0;
```

Lampiran 4. *Syntax* Grafik Kendali MEWMV (Lanjutan)

```

else
    for l=i:t
        M(l,j)=elemen(l-j+1);
    end
end
end
end
A=X*X';
for u=1:brsX
    Apartu=A(1:u,1:u);
    Ipartu=I(1:u,1:u);
    Mpartu=M(1:u,1:u);
    elemenC=[];
    for i=1:u
        if i>1
            elemenC(i)=omega*(1-omega)^(u-i);
        else
            elemenC(i)=(1-omega)^(u-i);
        end
    end
end
C=diag(elemenC);
Q=(Ipartu-Mpartu)'*C*(Ipartu-Mpartu);
trv(u)=trace(Q*Apartu);
ekspektasi(u)=p*trace(Q);
Q2=Q.^2;
sumQ2=sum(sum(Q2));
var(u)=2*p*sumQ2;
ba=ekspektasi+(L*sqrt(var));
bb=ekspektasi-(L*sqrt(var));
end
trvpartial=trv(:,1:t);
ekspekpartial=ekspektasi(:,1:t);
varpartial=var(:,1:t);
bapartial=ba(:,1:t);

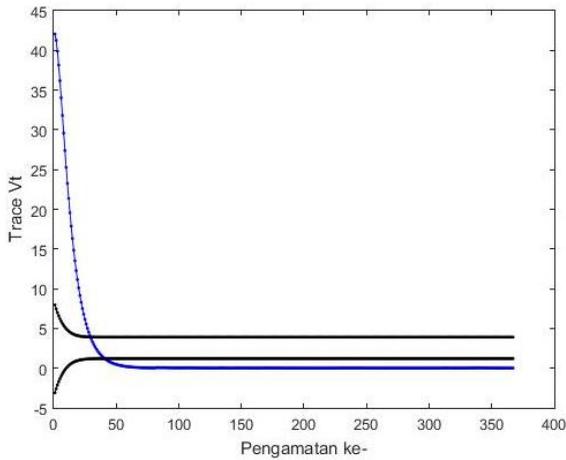
```

Lampiran 4. *Syntax* Grafik Kendali MEWMV (Lanjutan)

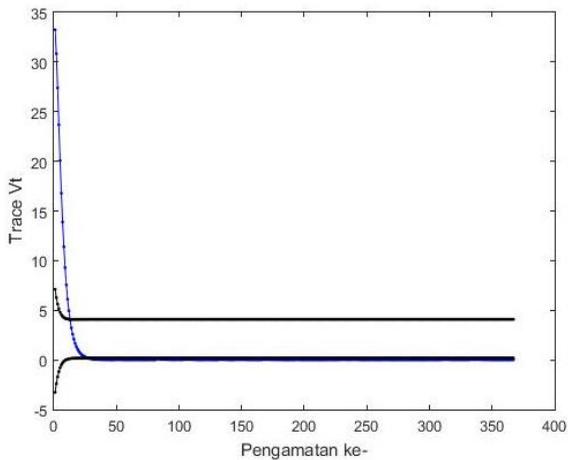
```
bbpartial=bb(:,1:t);
keluar=0;
d=0;
for i=1:t-1
if trvpartial(i)<bbpartial(i)
    keluar=keluar+1
    d=d+1
    yangkeluar(d)=i;
end
if trvpartial(i)>bapartial(i)
    keluar=keluar+1
    d=d+1
    yangkeluar(d)=i;
end
end
x=1:t;
plot(x,trvpartial,'b.-',x,bapartial,'k.-',x,bbpartial,'k.-')
xlabel('Pengamatan ke-')
ylabel('Trace Vt');
```

Lampiran 5. Tabel Nilai L dengan $p=3$

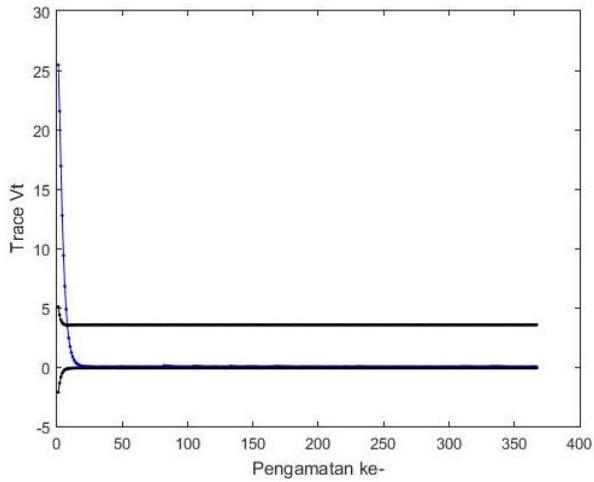
ω	λ	L	ω	λ	L	ω	λ	L
0.1	0.1	2.7900	0.4	0.1	3.8984	0.7	0.1	4.3777
	0.2	2.7939		0.2	3.9063		0.2	4.3797
	0.3	2.7949		0.3	3.9121		0.3	4.3816
	0.4	2.7988		0.4	3.9219		0.4	4.3836
	0.5	2.7979		0.5	3.9277		0.5	4.3855
	0.6	2.8027		0.6	3.9395		0.6	4.3875
	0.7	2.8066		0.7	3.9492		0.7	4.3836
	0.8	2.8105		0.8	3.9511		0.8	4.3836
	0.9	2.8164		0.9	3.9492		0.9	4.3758
0.2	0.1	3.3105	0.5	0.1	4.1016	0.8	0.1	4.4707
	0.2	3.3086		0.2	4.1016		0.2	4.4668
	0.3	3.3164		0.3	4.1094		0.3	4.4629
	0.4	3.3213		0.4	4.1152		0.4	4.4688
	0.5	3.3340		0.5	4.1191		0.5	4.4688
	0.6	3.3438		0.6	4.1270		0.6	4.4688
	0.7	3.3535		0.7	4.1367		0.7	4.4629
	0.8	3.3594		0.8	4.1387		0.8	4.4590
	0.9	3.3691		0.9	4.1328		0.9	4.4551
0.3	0.1	3.6484	0.6	0.1	4.2578	0.9	0.1	4.5234
	0.2	3.6523		0.2	4.2578		0.2	4.5195
	0.3	3.6602		0.3	4.2617		0.3	4.5117
	0.4	3.6699		0.4	4.2695		0.4	4.5195
	0.5	3.6797		0.5	4.2715		0.5	4.5176
	0.6	3.6895		0.6	4.2715		0.6	4.5137
	0.7	3.6943		0.7	4.2734		0.7	4.5098
	0.8	3.7011		0.8	4.2813		0.8	4.5078
	0.9	3.7070		0.9	4.2715		0.9	4.4984

Lampiran 6. Grafik Kendali MEWMV**Lampiran 6A. Grafik Kendali MEWMV dengan Pembobot Sama**

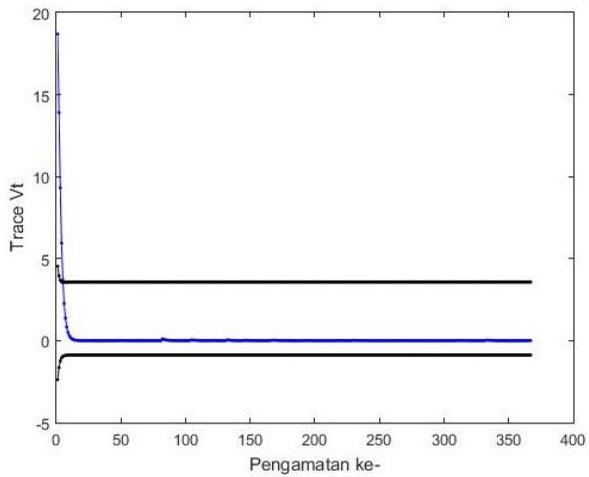
$$\omega = 0,1 \text{ dan } \lambda = 0,1$$



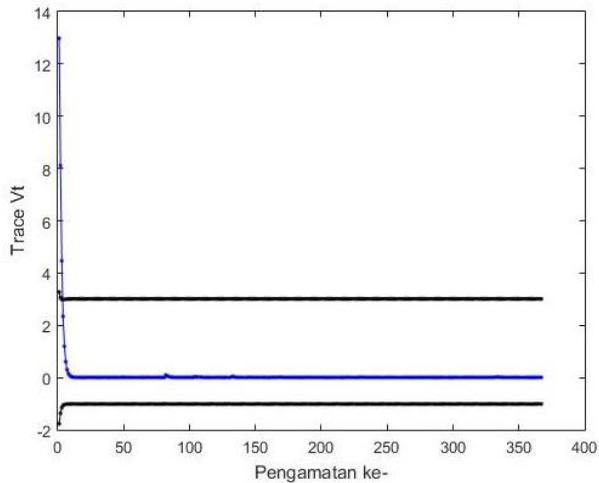
$$\omega = 0,2 \text{ dan } \lambda = 0,2$$



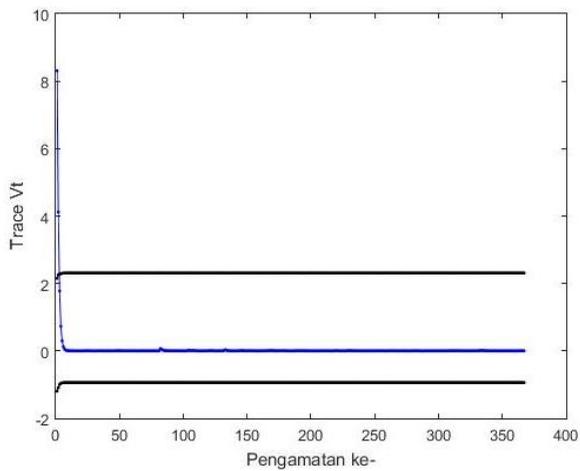
$$\omega = 0,3 \text{ dan } \lambda = 0,3$$



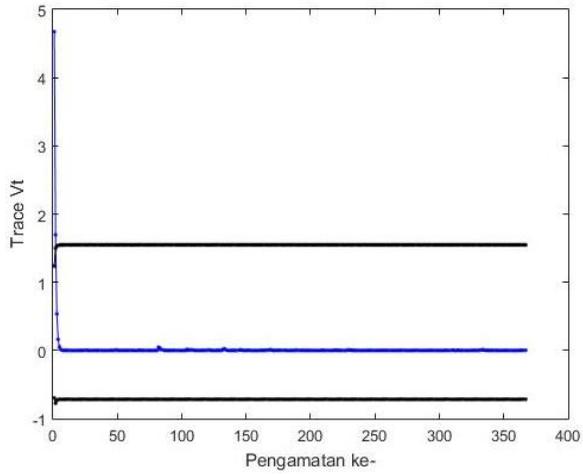
$$\omega = 0,4 \text{ dan } \lambda = 0,4$$



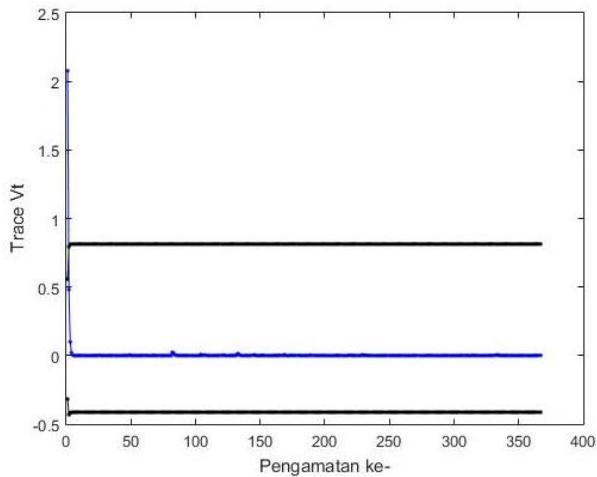
$$\omega = 0,5 \text{ dan } \lambda = 0,5$$



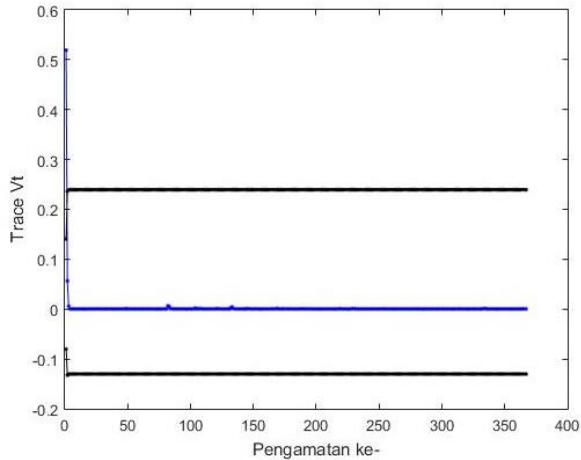
$$\omega = 0,6 \text{ dan } \lambda = 0,6$$



$$\omega = 0,7 \text{ dan } \lambda = 0,7$$

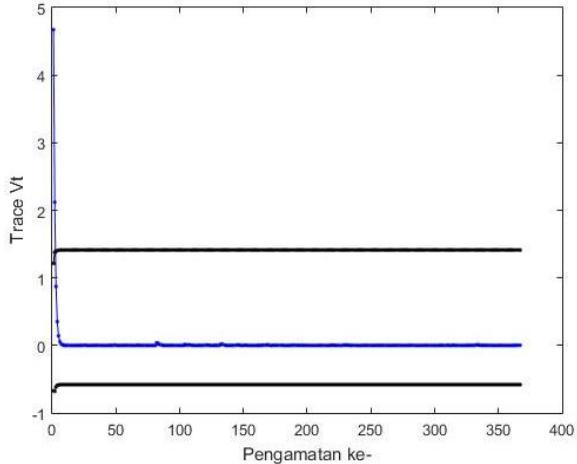


$$\omega = 0,8 \text{ dan } \lambda = 0,8$$

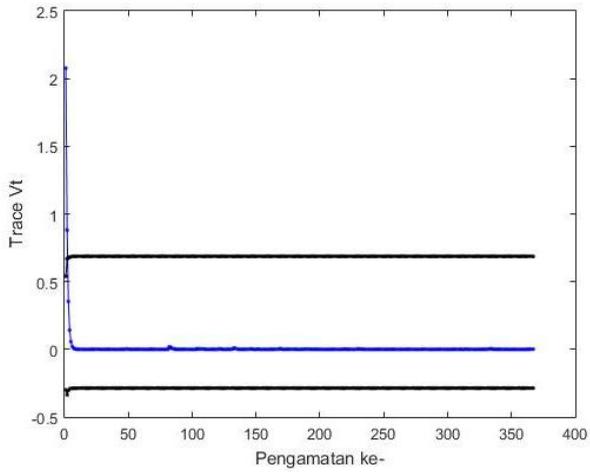


$$\omega = 0,9 \text{ dan } \lambda = 0,9$$

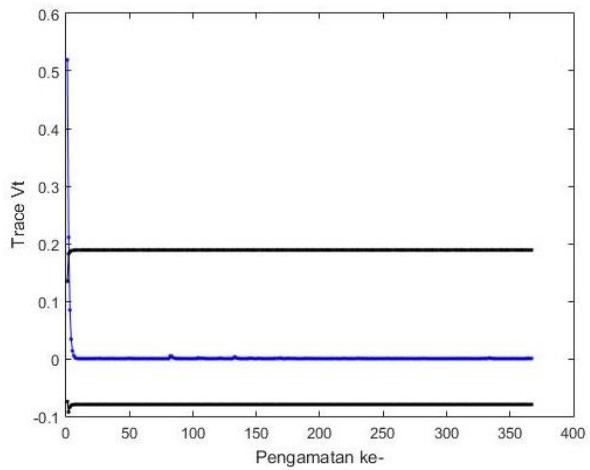
Lampiran 6B. Grafik Kendali MEWMV dengan Pembobot Beda



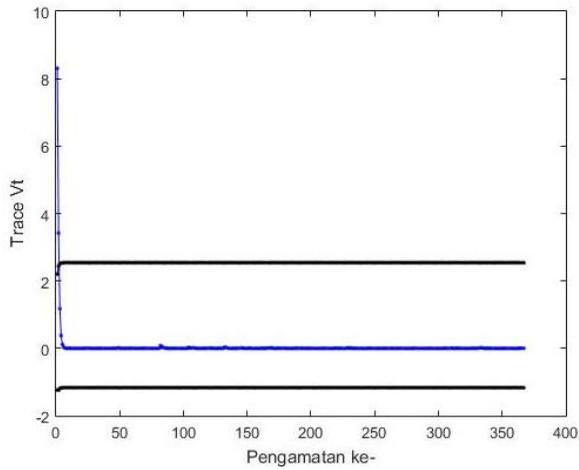
$$\omega = 0,6 \text{ dan } \lambda = 0,7$$



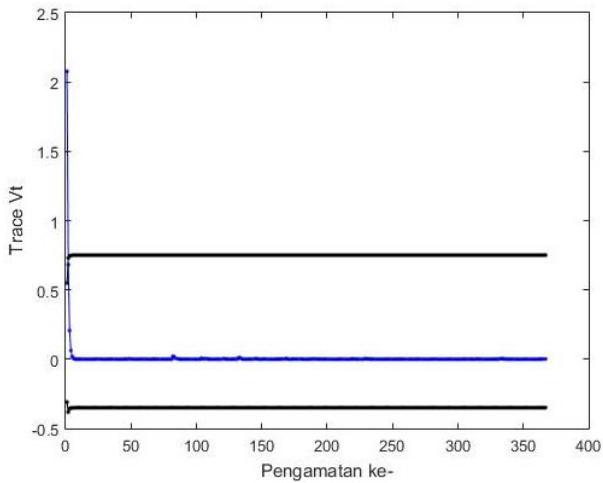
$\omega = 0,6$ dan $\lambda = 0,8$



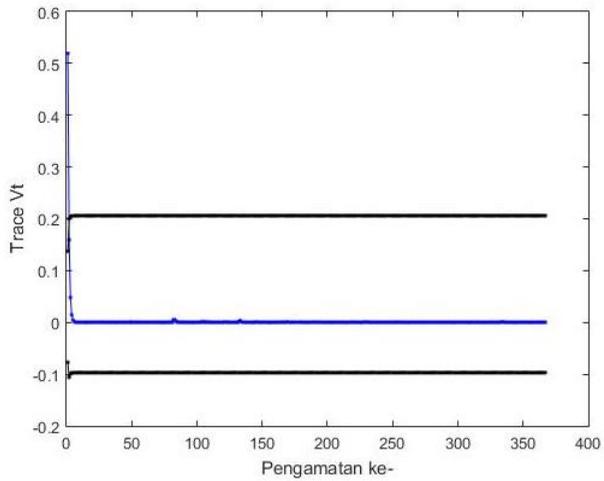
$\omega = 0,6$ dan $\lambda = 0,9$



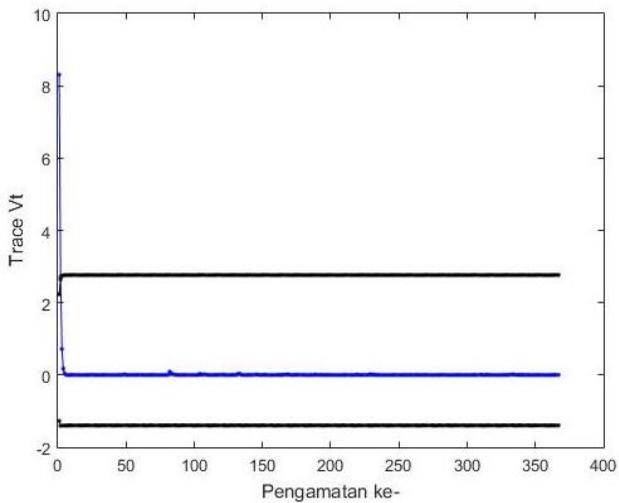
$$\omega = 0,7 \text{ dan } \lambda = 0,6$$



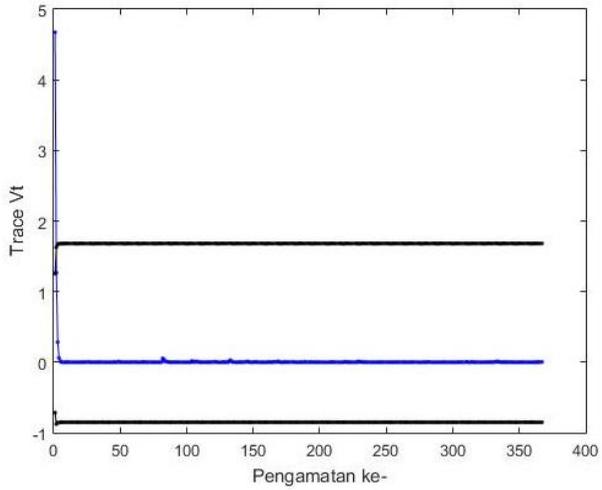
$$\omega = 0,7 \text{ dan } \lambda = 0,8$$



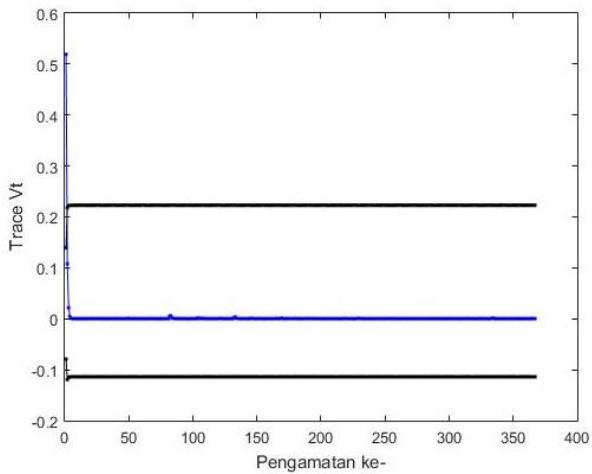
$$\omega = 0,7 \text{ dan } \lambda = 0,9$$



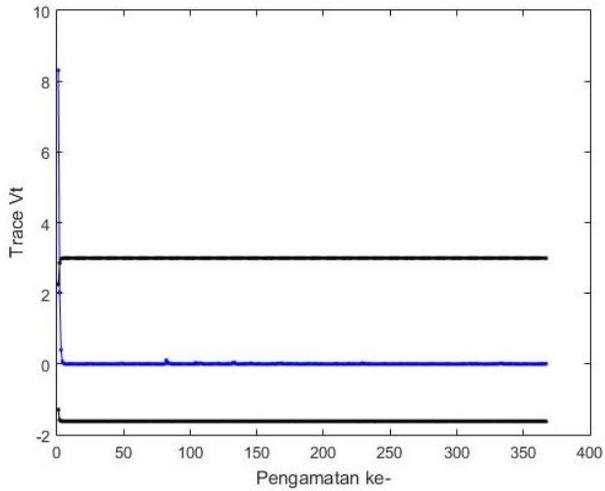
$$\omega = 0,8 \text{ dan } \lambda = 0,6$$



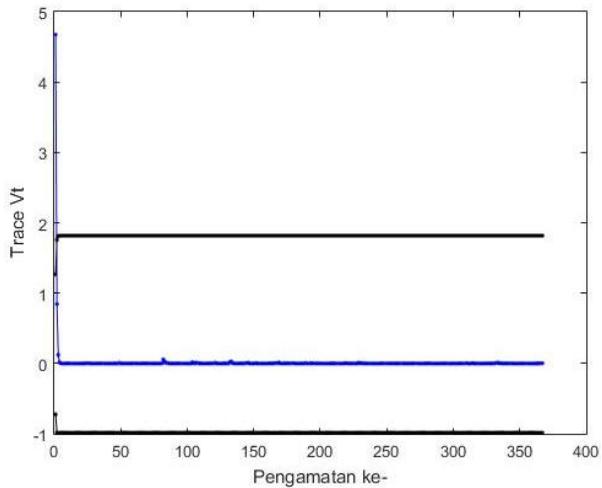
$$\omega = 0,8 \text{ dan } \lambda = 0,7$$



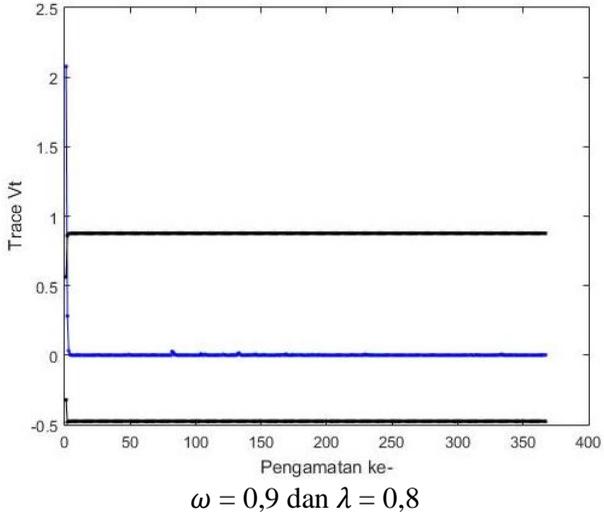
$$\omega = 0,8 \text{ dan } \lambda = 0,9$$



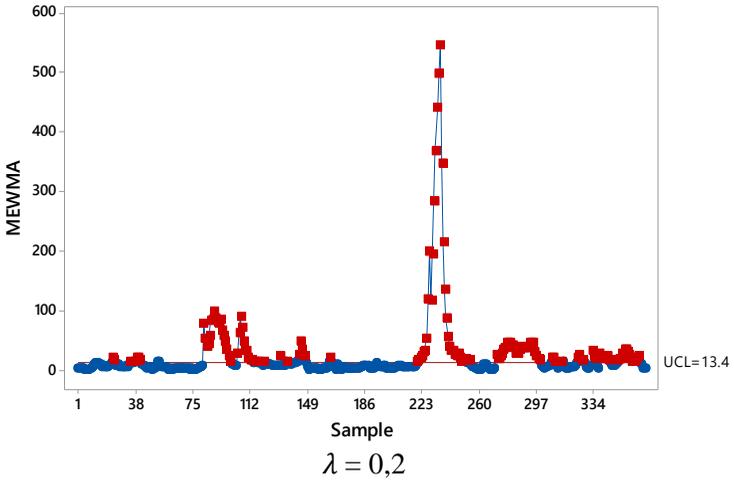
$$\omega = 0,9 \text{ dan } \lambda = 0,6$$

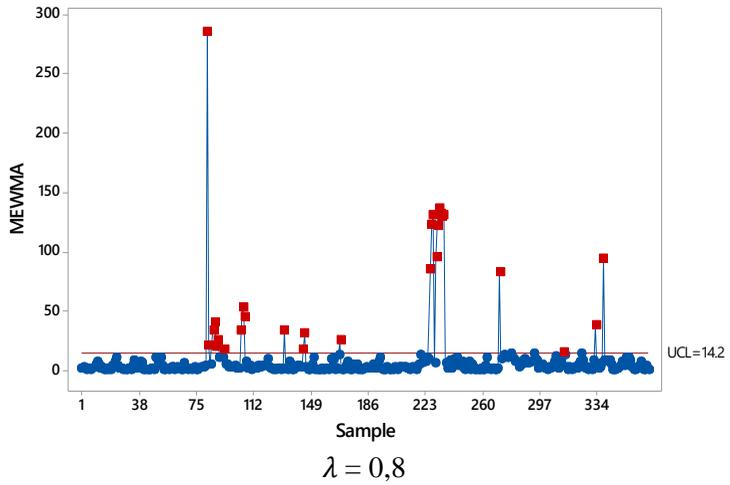
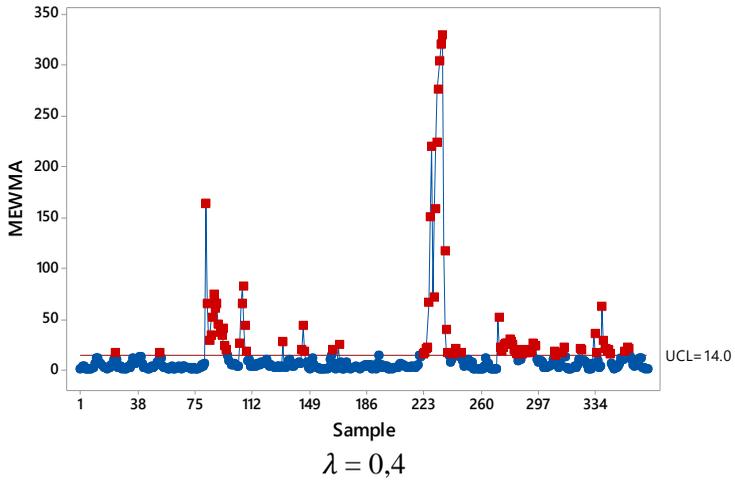


$$\omega = 0,9 \text{ dan } \lambda = 0,7$$



Lampiran 7. Grafik Kendali MEWMA

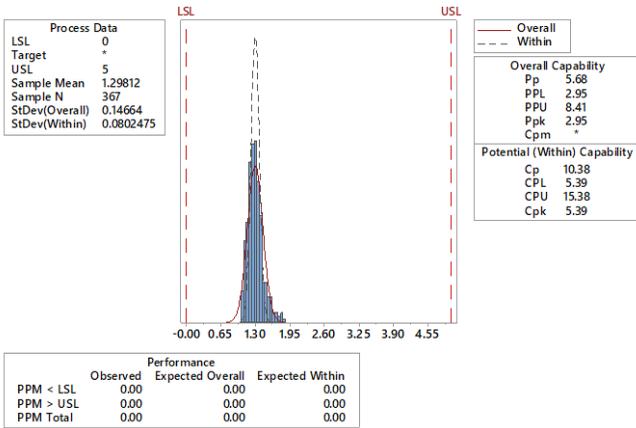




Lampiran 8. Analisis Kapabilitas

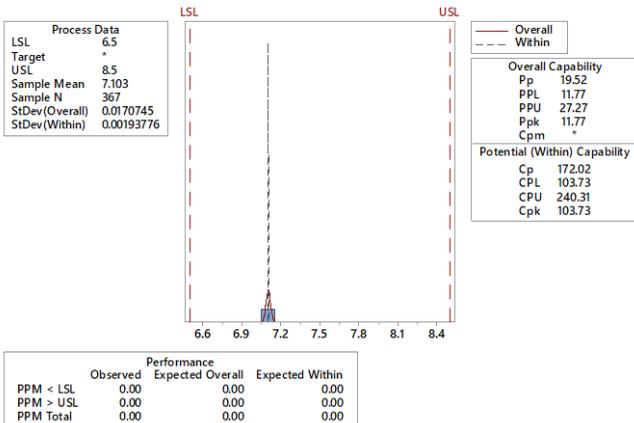
Lampiran 8A. Analisis Kapabilitas Karakteristik kualitas Kekeruhan

Process Capability Report for NTU



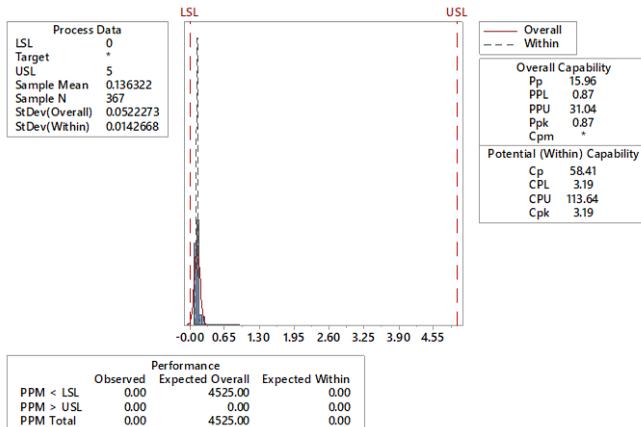
Lampiran 8B. Analisis Kapabilitas Karakteristik kualitas pH

Process Capability Report for pH



Lampiran 8C. Analisis Kapabilitas Karakteristik kualitas Sisa Chlor

Process Capability Report for Sisa Chlor



Lampiran 9. Surat Izin Pengambilan Data



Nomor : 690 / 303 / 438.8.1/2019
 Sifat : Biasa
 Lampiran : -
 Hal : Permintaan Data dan Wawancara

Sidoarjo, 6 Maret 2019

Yth. Dekan Fakultas Matematika, Komputasi dan Sains Data
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Surabaya

Memperhatikan surat dari Bakesbangpol Kab. Sidoarjo Nomor: 072/188/438.6.5/2019, tanggal 21 Februari 2019, perihal Permintaan Data dan Wawancara.

Sehubungan hal tersebut di atas, PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo tidak keberatan untuk digunakan sebagai tempat Permintaan Data dan Wawancara dari Mahasiswa/i Saudara mulai tanggal 10 Maret 2019 s/d 7 Juni 2019. Adapun nama Mahasiswa/i tersebut sebagai berikut:

No.	NAMA	JURUSAN	TEMPAT PENELITIAN
1	Dewi Damayanti	Statistika Bisnis dan Industri	Produksi
2	Septia Wulandari	Statistika Bisnis dan Industri	Produksi

Untuk persyaratan antara lain :

- Mematuhi tata tertib yang berlaku di perusahaan
- Memakai seragam Almamater Mahasiswa
- Melampirkan Hasil Laporan Tugas Akhir

Demikian untuk mendapatkan perhatiannya.

Pjs. Direktur Administrasi dan Keuangan


 JURIYAH, SE

Tembusan:

1. Direksi
2. Koord. SPI

Lampiran 10. Surat Izin Publikasi

SURAT KETERANGAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :

1. Mahasiswa Statistika FMKSD-ITS dengan identitas berikut :

Nama : Septia Wulandari

NRP : 06211542000050

Telah mengambil data di instansi/perusahaan kami :

Nama Instansi : PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo

Divisi/ bagian : Produksi dan Pengolahan

sejak tanggal 10-03-2019 sampai dengan 07-06-2019 untuk keperluan Tugas Akhir/ ~~Thesis~~ Semester ~~Gasal~~/Genap* 2018/2019.

2. Tidak Keberatan/~~Keberatan~~* nama perusahaan dicantumkan dalam Tugas Akhir/ Thesis mahasiswa Statistika yang akan di simpan di Perpustakaan ITS dan dibaca di lingkungan ITS.
3. Tidak Keberatan/~~Keberatan~~* bahwa hasil analisis data dari perusahaan dipublikasikan dalam E journal ITS yaitu Jurnal Sains dan Seni ITS.



*(coret yang tidak perlu)

Lampiran 11. Surat Pernyataan Data Tugas Akhir**SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Departemen Statistika FMKSD ITS:

Nama : Septia Wulandari

NRP : 06211540000050

menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir/ Thesis ini merupakan data sekunder yang diambil dari penelitian / buku/ Tugas Akhir/ Thesis/ publikasi lainnya yaitu:

Sumber : PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo

Keterangan : Data Kualitas Air Bulan Januari 2019

Surat Pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat pemalsuan data maka saya siap menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku.

Mengetahui
Pembimbing Tugas Akhir



W. Wulandari, S.Si., M.Si

NIP. 19741213 199802 2 001

Surabaya, 26 Juni 2019



Septia Wulandari

NRP. 06211540000050

*(coret yang tidak perlu)

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Septia Wulandari lahir di Surabaya, 12 September 1997. Penulis adalah anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Suami Istri Sabadiyanto dan Supiyatin. Pendidikan yang telah diselesaikan oleh penulis yakni pendidikan TK RA Baitul Karim Surabaya, SD Negeri Ketintang III 569 Surabaya, SMP Negeri 22 Surabaya, dan SMA Negeri 18 Surabaya. Setelah lulus dari pendidikan SMA, penulis melanjutkan pendidikan Perguruan Tinggi di Departemen Statistika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan nomor mahasiswa 06211540000050. Organisasi kampus yang pernah diikuti yakni sebagai Kepala Divisi Pengembangan Departemen PSDM BEM-FMKSD ITS. Selain itu, penulis juga aktif dalam mengikuti kepanitiaan yakni Pekan Raya Statistika yang diselenggarakan oleh Departemen Statistika ITS serta berperan aktif sebagai salah satu pengajar di kampung binaan kegiatan SISI yang diadakan oleh HIMASTA-ITS. Pengalaman tersebut memberikan pelajaran bagi penulis untuk mengetahui bagaimana kondisi dunia pekerjaan. Segala kritik dan saran akan diterima dengan baik oleh penulis guna perbaikan kedepannya. Jika ada keperluan atau ingin berdiskusi dengan penulis dapat menghubungi penulis melalui email septiawln97@gmail.com.