



TUGAS AKHIR - SS141501

**PENGEDALIAN KUALITAS AIR PDAM SURYA SEMBADA
KOTA SURABAYA PADA INSTALASI NGAGEL II
MENGUNAKAN PETA KENDALI MULTIVARIAT**

**NIKITA DWIE SEPTIANA
NRP 1314 100 110**

**Dosen Pembimbing
Diaz Fitra Aksioma, M.Si
Drs. Haryono, M.SIE**

**PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**



TUGAS AKHIR - SS141501

**PENGENDALIAN KUALITAS AIR PDAM SURYA
SEMBADA KOTA SURABAYA PADA INSTALASI
NNGAGEL II MENGGUNAKAN PETA KENDALI
MULTIVARIAT**

**NIKITA DWIE SEPTIANA
NRP 1314 100 110**

**Dosen Pembimbing
Diaz Fitra Aksioma, M.Si
Drs. Haryono, M.SIE**

**PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**



FINAL PROJECT - SS141501

**QUALITY CONTROL OF WATER IN PDAM SURYA
SEMBADA KOTA SURABAYA INSTALATION NGAGEL II
USING MULTIVARIATE CONTROL CHART**

**NIKITA DWIE SEPTIANA
NRP 1314 100 110**

**Supervisor
Diaz Fitra Aksioma, M.Si
Drs. Haryono, M.SIE**

**UNDERGRADUATE PROGRAMME
DEPARTMENT OF STATISTICS
FACULTY OF MATHEMATICS, COMPUTING, AND DATA SCIENCES
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGENDALIAN KUALITAS AIR PDAM SURYA SEMBADA SURABAYA PADA INSTALASI NGAGEL II MENGUNAKAN PETA KENDALI MULTIVARIAT

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

Nikita Dwie Septiana
NRP. 0621 14 4000 0110

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Diaz Fitra Aksioma, M.Si
NIP : 19870602 201212 2 002

(*[Signature]*)

Drs. Haryono, M.SIE
NIP : 19520919 197901 1 001

(*[Signature]*)

Mengetahui,
Kepala Departemen Statistika FMKSD ITS


Dr. Suhartono
NIP. 19710929 199512 1 001

SURABAYA, JANUARI 2018

PENGENDALIAN KUALITAS AIR PDAM SURYA SEMBADA SURABAYA PADA INSTALASI NGAGEL II MENGUNAKAN PETA KENDALI MULTIVARIAT

Nama : Nikita Dwie Septiana
NRP : 1314 100 110
Jurusan : Statistika
Dosen Pembimbing 1 : Diaz Fitra Aksioma, M.Si
Dosen Pembimbing 2 : Drs. Haryono, M.SIE

Abstrak

PDAM Surya Sembada Kota Surabaya merupakan perusahaan yang bekerja di bidang pengolahan air di Kota Surabaya. Sebagai acuan dari kualitas air, PDAM Surya Sembada menggunakan Permenkes No. 492 Tahun 2010 sebagai pedoman dalam melaksanakan pengendalian kualitas terhadap air produksi. Terdapat 24 variabel dalam kualitas air yang selama ini telah diawasi di PDAM Surya Sembada Surabaya. Namun, untuk karakteristik utama kualitas air digunakan tiga buah variabel kekeruhan, $KMnO_4$, dan Sisa chlor. Pada pengendalian kualitas secara multivariat dapat dilakukan dengan menggunakan peta kendali MEWMA dan MEWMV. Peta kendali MEWMV digunakan untuk mengendalikan variabilitas proses, sedangkan peta kendali MEWMA digunakan untuk mengendalikan mean proses. Hasil yang didapat untuk variabilitas proses telah terkendali secara statistik dengan menggunakan pembobot optimum sebesar $\omega=0.3$ dan $\lambda=0.4$, sedangkan untuk mean proses belum terkendali secara statistik dengan menggunakan nilai pembobot optimum λ sebesar 0.7. Hasil deteksi penyebab mean proses tidak terkendali adalah variabel $KMnO_4$ dengan jumlah data out of control paling banyak.

Kata Kunci : MEWMA, MEWMV, PDAM Surya Sembada Kota Surabaya, Pengendalian Proses

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

QUALITY CONTROL OF WATER IN PDAM SURYA SEMBADA SURABAYA INSTALATION NGAGEL II USING MULTIVARIATE CONTROL CHART

Name : Nikita Dwie Septiana
NRP : 1314 100 110
Department : Statistics
Supervisor 1 : Diaz Fitra Aksioma, M.Si
Supervisor 2 : Drs. Haryono, M.SIE

Abstract

PDAM Surya Sembada Kota Surabaya is the only company for water production in Surabaya. PDAM Surya Sembada Kota Surabaya has been using Permenkes no. 492 Year 2010 as a guideline in implementing quality control on water production. There are many variables in water quality that have been supervised at PDAM Surya in Surabaya. However, for the main characteristics of water quality used three variables of turbidity, $KMnO_4$, and residual chlor. On multivariate quality control can be done by using MEWMA and MEWMV control chart. The MEWMV control chart is used to control process variability, while the MEWMA control chart is used to control the process mean. The results obtained for process variability were statistically controlled using the optimum weighting of $\omega = 0.3$ and $\lambda = 0.4$, while for the process mean was not statistically controlled using the optimum weighted value λ of 0.7 with $KMnO_4$ as the cause of multivariat process out of control.

Keywords : MEWMA, MEWMV, PDAM Surya Sembada Kota Surabaya, Quality Process

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya yang tak pernah henti diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul

“Pengendalian Kualitas Air PDAM Surya Sembada Kota Surabaya Pada Instalasi Ngagel II Menggunakan Peta Kendali Multivariat”

dengan baik dan tepat pada waktunya. Penyusunan Tugas Akhir ini tak luput dari bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Diaz Fitra Aksioma, M.Si dan Bapak Drs. Haryono, M.SIE selaku dosen pembimbing yang telah sabar dan memberikan waktunya untuk membimbing dan memberikan masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, M.T dan Ibu Pratnya Paramitha Oktaviana, M.Si selaku dosen penguji atas segala kritikan dan saran yang sangat membangun.
3. Pihak PDAM Surya Sembada Kota Surabaya, khususnya untuk Ibu Efi dan Ibu Nurjanah selaku pembimbing lapangan yang sangat ramah dan mau membagi ilmu kepada penulis.
4. Serta semua pihak yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materiil 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, Januari 2018

Penulis

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	5
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Uji Dependensi Variabel	7
2.2 Uji Normalitas Multivariat	7
2.3 Pengendalian Kualitas	9
2.4 Peta Kendali	9
2.4.1 Peta Kendali <i>Exponentially Weighted Moving Average</i> (EWMA)	10
2.4.2 Peta Kendali <i>Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance</i> (EWMV).....	11
2.4.3 Peta Kendali <i>Multivariate Exponentially Weighted Moving Average</i> (MEWMA)	16
2.5 Analisis Kapabilitas Proses	17
2.6 Air.....	20

2.7 PDAM Surya Sembada Kota Surabaya	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Sumber Data	25
3.2 Variabel Penelitian	25
3.3 Langkah Analisis	26
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Karakteristik Kualitas Air	31
4.2 Uji Dependensi Variabel	33
4.3 Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat	33
4.4 Pengendalian Kualitas Pada Variabilitas Proses Pengolahan Air	34
4.5 Pengendalian Kualitas Pada <i>Mean</i> Proses Pengolahan Air	41
4.6 Deteksi <i>Penyebab Out of Control</i>	45
4.6.1 Pengendalian Kualitas Individu Variabel Kekeruhan	46
4.6.2 Pengendalian Kualitas Individu Variabel KMnO ₄	47
4.6.3 Pengendalian Kualitas Individu Variabel Sisa <i>Chlor</i>	47
4.7 Analisis Kapabilitas Proses Kualitas Air Produksi	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	55

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Proses Pengolahan Air	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 4.1 Dot Plot Karakteristik Kualitas ((A) Kekeruhan, (B) KMnO ₄ , (C) Sisa <i>Chlor</i>)	32
Gambar 4.2 Peta Kendali MEWMV dengan $\omega=0.1$ dan $\lambda=0.1$	36
Gambar 4.3 Peta Kendali MEWMV dengan $\omega=0.2$ dan $\lambda=0.2$	37
Gambar 4.4 Peta Kendali MEWMV dengan $\omega=0.3$ dan $\lambda=0.3$	38
Gambar 4.5 Peta Kendali MEWMV dengan $\omega=0.3$ dan $\lambda=0.4$	39
Gambar 4.6 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda=0.1$	42
Gambar 4.7 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda=0.3$	43
Gambar 4.8 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda=0.5$	44
Gambar 4.9 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda=0.7$	46
Gambar 4.10 Peta Kendali EWMA Variabel Kekeruhan	47
Gambar 4.11 Peta Kendali EWMA Variabel KMnO ₄	48
Gambar 4.12 Peta Kendali EWMA Variabel Sisa <i>Chlor</i>	49

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Data Kualitas Air Produksi.....	55
Lampiran B Eksplorasi Data.....	56
Lampiran C Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat.....	56
Lampiran D Pengujian Dependensi antar Variabel	57
Lampiran E Tabel Nilai L	57
Lampiran F Program Peta Kendali MEWMV.....	59
Lampiran G Peta Kendali MEWMV	61
Lampiran H Tabel Hasil Pembobotan Untuk Peta Kendali MEWMV	72
Lampiran I Peta Kendali MEWMA untuk Nilai Pembobot λ sebesar 0.1-0.9.....	73
Lampiran J Analisis Kapabilitas Variabel Kekerusuhan	77
Lampiran K Analisis Kapabilitas Variabel KMnO ₄	78
Lampiran L Analisis Kapabilitas Variabel Sisa <i>Chlor</i>	78
Lampiran M Surat Izin pengambilan data	79
Lampiran N Surat Izin publikasi	80
Lampiran O Surat Pernyataan Data Tugas Akhir	81

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Variabel Penelitian.....	26
Tabel 3.2 Struktur Data.....	26
Tabel 4.1 Deskripsi Karakteristik Kualitas	31
Tabel 4.2 Uji Dependensi Variabel	33
Tabel 4.3 Pengujian Normal Multivariat Mardia	34
Tabel 4.4 Percobaan Diagram Kendali MEWMV dengan Kombinasi ω dan λ yang Sama.....	35
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan MEWMV Untuk Nilai $ _{max} \text{Tr}(\text{TN})\text{-BKA}$	40
Tabel 4.6 Perhitungan Bobot Maksimum Untuk Peta Kendali MEWMA.....	45
Tabel 4.7 Perhitungan Analisis Kapabilitas Univariat	50

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan utama dalam kehidupan ini. Pasalnya tubuh manusia mengandung 70% air dan 30% komponen lainnya. Selain untuk diminum, air juga digunakan dalam kehidupan sehari-hari, mulai dari mencuci, memasak, menyiram tanaman, dan lain lain. Tanpa air manusia tidak mungkin dapat bertahan hidup. Namun, keadaan air di bumi semakin mengawatirkan. Kebutuhan air bersih tidak sejalan dengan keadaan sebenarnya. Keberadaan air bersih semakin hari semakin berkurang dengan banyaknya limbah yang mencemari lingkungan, sampah-sampah yang dibuang di perairan merupakan salah satu penyebab terjadinya air tercemar.

PDAM Surya Sembada Kota Surabaya merupakan satu-satunya perusahaan yang bergerak dalam mengolah dan pendistribusian air bersih di daerah Jawa Timur, meliputi daerah Kabupaten Pasuruan, Sidoarjo, dan Gresik. Selain mendistribusikan air bersih PDAM Surya Sembada Kota Surabaya juga turut andil dalam membantu program pemerintahan dalam hal perbaikan kampung, keran umum, keran air siap minum, serta Perumnas. Pendistribusian air yang dilakukan oleh PDAM Surya Sembada Kota Surabaya telah berjalan sejak tahun 1976 yang telah disahkan melalui Surat Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur, tanggal 06 Nopember 1976 No. II/155/76. Pada tahun 2016 PDAM Surya Sembada Kota Surabaya memiliki total pelanggan sebanyak 546.819 dengan peningkatan sebesar 10.836 pelanggan dari tahun sebelumnya. Selain itu, PDAM Surya Sembada Kota Surabaya juga telah berhasil meraih tiga penghargaan, yakni TOP CEO BUMD, TOP BUMD, dan TOP PDAM yang diperoleh pada tahun 2016. Kedua hal ini menyatakan bahwa PDAM Surya Sembada Kota Surabaya mengutamakan kualitasnya dalam mendistribusikan air bersih (PDAM Surya Sembada Kota Surabaya, 2012).

Kualitas air telah diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 yang menyatakan pada

pasal 2 bahwa setiap penyelenggara air minum wajib menjamin air minum yang diproduksinya aman bagi kesehatan. Berdasarkan Permenkes 492 Tahun 2010 terdapat dua parameter dalam kualitas air, yaitu parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter wajib terdiri dari parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan dan tidak berhubungan langsung dengan kesehatan, sedangkan parameter tambahan terdiri dari kandungan kimia (bahan organik, bahan anorganik, pestisida, desinfektan, dan hasil sampingannya, serta radioaktif). Berkaca pada peraturan pengolahan dan pendistribusian air, menjaga kualitas merupakan hal yang sangat penting. Namun, pada kegiatan pengolahan air, PDAM Surya Sembada Kota Surabaya belum melakukan pengendalian kualitas lebih jauh menggunakan metode statistik, sehingga secara statistik belum diketahui apakah kualitas air hasil olahan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya sudah terkendali. Proses pengolahan air PDAM Surya Sembada Kota Surabaya selama ini dilakukan pada instalasi pengolahan air yang terdapat di berbagai daerah. Instalasi ini terdiri dari intake, WTP, dan reservoir yang biasanya ditempatkan pada satu kawasan atau wilayah dimulai dari proses prasedimentasi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi. Proses pra-sedimentasi dilakukan untuk melindungi peralatan mekanis bergerak dan mencegah akumulasi *grit* pada jalur transmisi, sedangkan proses koagulasi dilakukan untuk mendestabilisasikan partikel koloid, proses flokulasi dilakukan untuk memperbesar flok, sebelum air diolah menjadi unit aselator yang kemudian di filtrasi. Biasanya dalam pengolahan air terdapat pula proses tambahan dalam melakukan pengolahan air. Pada proses tambahan dilakukan disinfeksi dengan penambahan *chlor*, ozonisasi, UV, dan lain lain sebelum masuk ke *reservoir*, hingga pendistribusian kepada masyarakat setelah kualitas air terkendali (Budiyono & Sumardiono, 2013).

Pengendalian kualitas statistik merupakan kegiatan yang dilakukan untuk memonitor atau mengawasi barang atau jasa tertentu yang memiliki satu atau lebih karakteristik yang saling berhubungan didalamnya. Cakupan dari pengendalian kualitas statistik diantaranya pengendalian produk analisis kemampuan proses, serta *acceptance*

sampling. Kualitas dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu kualitas produk dan kualitas proses. Pengendalian kualitas statistik dilakukan dengan menggunakan alat-alat untuk membuat keputusan dari hasil analisis untuk mengetahui apakah kualitas berada pada keadaan *in control* dan apakah proses yang dilakukan sudah kapabel. Pengendalian kualitas statistik dapat dilakukan dengan bantuan tujuh alat yang disebut *seven tools quality control*. Salah satu dari ketujuh alat tersebut yaitu peta kendali (Montgomery, 2013). Peta kendali dapat digunakan terhadap dua jenis data, yaitu data univariat dan multivariat. Pada data univariat, variabel yang digunakan dalam masing-masing peta kendali hanya satu, sedangkan pada data multivariat digunakan lebih dari satu variabel dalam melakukan pengukuran kualitas (Heizer & Render, 2008). Peta kendali terdiri dari garis tengah yang menyatakan nilai *mean*, batas kendali atas, dan batas kendali bawah. Batas kendali ini merupakan nilai yang menentukan apakah pengamatan *in control* atau *out of control*. Peta kendali yang digunakan pada penelitian bergantung pada pengamatan yang dilakukan. Pengamatan yang diukur secara multivariat dapat diawasi menggunakan peta kendali T^2 -*hotteling* dan *multivariate exponentially weighted moving average* (MEWMA) untuk *mean* proses, sedangkan untuk variabilitas proses dapat menggunakan peta kendali *generalized variance* dan *multivariate exponentially weighted moving variance* (MEWMV). Pengamatan yang diukur secara univariat dapat diawasi menggunakan peta kendali I-mr, serta peta kendali $\bar{X} - R$. Baik peta kendali MEWMA maupun MEWMV dalam penerapannya menggunakan nilai pembobot yang memiliki besaran nilai semakin meningkat pada setiap pengamatan. Selain itu, peta kendali MEWMA dan MEWMV merupakan peta kendali yang *robust* terhadap distribusi normal, dan baik digunakan pada pergeseran *mean* proses yang kecil, sedangkan untuk peta kendali multivariat lebih baik digunakan pada pergeseran *mean* proses yang besar (Montgomery, 2013).

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Devi (2016) dengan kesimpulan bahwa variabilitas proses produksi pakan ternak tipe G 11 S *Crumble* terkendali secara statistik, sedangkan *mean* prosesnya tidak

terkendali secara statistik. Baik pada fase satu amupun fase dua, terdapat 2 titik yang berada di luar batas kendali untuk diagram MEWMA. Selain itu, penelitian sebelumnya pernah dilakukan oleh Alicia (2017) yang menyatakan bahwa baik variabilitas ataupun *mean* proses *Ex-Mixer* produk BR 1 SP *Crumble* belum terkendali secara statistik, karena masih terdapat titik yang *out of control* karena faktor *material*, yaitu pasokan bahan baku menjadi faktor utama penyebab proses tidak stabil dan secara multivariat dan inerja proses *ex-mixer* produk BR 1 SP *Crumble* di PT. Japfa Comfeed Indonesia Unit Buduran terhadap ukuran partikel Mesh 10, Mesh 18, dan Fine telah kapabel karena nilai indeks kinerja proses MP_{pk} lebih dari satu, yaitu sebesar 2,305. Penelitian sebelumnya juga pernah dilakukan oleh Sawiyon (2016) dengan hasil kualitas air sudah terkendali secara statistik berdasarkan nilai pengamatan yang tidak keluar dari batas kontrol peta kendali. Selain itu, dapat disimpulkan juga bahwa proses pengolahan air sudah berjalan dengan baik berdasarkan hasil perhitungan indeks kapabilitas proses sebesar 15,5498.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dalam penelitian ini data yang digunakan merupakan data sekunder pada tahun terakhir pengukuran yang diambil dari PDAM Surya Sembada Kota Surabaya di instalasi Ngagel II dengan menggunakan tiga variabel utama yang menggambarkan kualitas yang diambil pada setiap hari. Variabel tersebut terdiri dari kandungan kimia organik ($KMnO_4$), sisa chlor, dan kekeruhan. Ketiga variabel utama dipilih dari keseluruhan variabel kualitas air yang telah diatur dalam Permenkes No. 492 Tahun 2010. Pengendalian kualitas air dilakukan dengan menggunakan peta kendali multivariat yaitu MEWMV dan MEWMA pada pengukuran yang dilakukan tahun 2016 dengan menggunakan satu fase untuk mengevaluasi apakah kualitas pada tahun 2016 terkendali. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi dan rekomendasi bagi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya pada pengendalian kualitas air serta proses pengolahan air, sehingga dapat terjadi peningkatan pada kualitas air PDAM Surya Sembada Kota Surabaya diwaktu yang akan datang.

1.2 Rumusan Masalah

Mengetahui pentingnya mempertahankan dan meningkatkan kualitas pengolahan air di PDAM Surya Sembada Surabaya, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu bagaimana pengendalian kualitas air dan hasil analisis kapabilitas proses pengolahan air PDAM Surya Sembada Kota Surabaya .

1.3 Tujuan

Berdasarkan masalah yang telah dirumuskan sebelumnya, tujuan penelitian ini secara umum adalah untuk mengetahui apakah *mean* dan variansi pada karakteristik kualitas air yang diukur sudah stabil dan memperoleh hasil analisis kapabilitas dalam proses pengolahan air PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya untuk dapat memahami metode statistika yang digunakan dalam melakukan pengawasan terhadap kualitas air produksi, sehingga hasilnya dapat meningkatkan kualitas air dan agar dapat memenuhi kebutuhan masyarakat.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data kualitas air yang digunakan adalah data yang diambil sepanjang tahun 2016 hanya pada hari Senin-Jumat.
2. Menggunakan 3 variabel utama kualitas dari total 24 variabel
3. Pembobot yang digunakan untuk peta kendali $0.1 < \lambda < 0.9$ dan $0.1 < \omega < 0.9$

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Uji Dependensi Variabel

Uji *Bartlett* merupakan pengujian yang digunakan untuk mengetahui apakah matrik korelasi sama dengan matrik identitas, serta mengetahui apakah terdapat hubungan (korelasi) antar variabel.

Hipotesis:

$H_0 : \boldsymbol{\rho} = \mathbf{I}$ (matriks korelasi sama dengan matriks identitas atau tidak ada korelasi)

$H_1 : \boldsymbol{\rho} \neq \mathbf{I}$ (matriks korelasi tidak sama dengan matriks identitas atau ada korelasi)

Statistik uji:

$$\chi^2(\mathbf{B}) = -\frac{N}{2} \ln \frac{|\hat{\boldsymbol{\rho}}|}{|\mathbf{I}|} - \frac{1}{6} (2p+5) \frac{|\hat{\boldsymbol{\rho}}|^3 - |\mathbf{I}|^3}{|\hat{\boldsymbol{\rho}}| |\mathbf{I}|} \quad (2.1)$$

Keterangan:

$\chi^2(\mathbf{B})$ = Statistik *Bartlett*

N = Jumlah pengamatan

$\hat{\boldsymbol{\rho}}$ = Matriks korelasi

p = Jumlah variabel

H_0 akan ditolak jika

$$\chi^2(\mathbf{B}) \geq \chi^2_{(p+1)(p-2)/2; \alpha} \quad (2.2)$$

Dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan antar variabel (Johnson & Wichern, 2007).

2.2. Uji Normalitas Multivariat

Pengujian normal multivariat dilakukan untuk mengetahui apakah data hasil pengamatan mengikuti distribusi normal atau tidak. Dalam pengujian normal multivariat dengan menggunakan *Mardia test* di indikasikan dengan nilai b_1 maupun b_2 sebagai *skewness* dan *kurtosis*. Suatu pengamatan x_1, x_2, \dots, x_p berdistribusi normal multivariat dengan parameter $\boldsymbol{\mu}$ dan $\boldsymbol{\Sigma}$ jika memiliki fungsi densitas sebagai berikut.

$$f(x) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(x-\mu)' \Sigma^{-1}(x-\mu)} \quad (2.3)$$

dimana nilai b_1 dan b_2

$$b_1 = \frac{1}{n^2} \sum_{i,j=1}^n \{(\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}}_i)^T \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{X}_j - \bar{\mathbf{X}}_j)\}^3 \quad (2.4)$$

$$b_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{(\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}}_i)^T \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}}_i)\}^2 \quad (2.5)$$

Keterangan:

- b_1 = Nilai *skewness* data
- b_2 = Nilai *kurtosis* data
- \mathbf{S}^{-1} = Matriks varians kovarians
- \mathbf{X}_i = Pengamatan baris ke- i
- $\bar{\mathbf{X}}_i$ = *Mean* baris
- $\bar{\mathbf{X}}_j$ = *Mean* kolom

Distribusi normal multivariat diuji dengan pengujian *Mardia* menggunakan hipotesis sebagai berikut

H_0 : Data penelitian berdistribusi normal multivariat

H_1 : Data tidak berdistribusi normal multivariat
dengan statistik uji :

$$z_1 = \frac{N}{6} b_1 \quad (2.6)$$

Keterangan:

- N = Jumlah data pengamatan
- b_1 = Nilai *skewness* data

$$z_2 = \frac{b_2 - p(p+2)}{\sqrt{8p(p+2)/N}} \quad (2.7)$$

Keterangan:

- N = Jumlah pengamatan
- b_2 = Nilai *kurtosis* data
- p = Jumlah variabel

Sehingga variabel dikatakan mengikuti distribusi normal multivariat jika nilai statistik uji $z_1 < \chi^2_{p(p+1)(p+2)/6}$ dan $z_2 < Z_\alpha$,

sedangkan jika salah satu tidak terpenuhi maka data tidak berdistribusi normal multivariat (Korkmaz Selcuk, dkk, 2016).

2.3. Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas proses merupakan alat penyelesaian sebuah masalah untuk mencapai proses yang stabil, serta mampu mengurangi variabilitas (Montgomery D. C., 2013).

Unsur-unsur lingkaran pengendalian adalah :

P : Menetapkan sebuah atau standar untuk mencapai sasaran.

D : Melaksanakan rencana atau pekerjaan.

C : Mengukur dan menganalisa hasilnya, yaitu pengecekan.

A : Melakukan perbaikan yang diperlukan apabila hasilnya tidak sesuai sebagaimana yang telah direncanakan semula.

Terdapat tujuh alat pengendalian kualitas sebagai berikut

1. Diagram pareto
2. Kertas periksa (*check sheet*)
3. Histogram atau *stem and leaf plot*
4. Diagram pencar (*scatter diagram*)
5. Peta dan peta kendali (*graph & control chart*)
6. Diagram sebab-akibat (diagram tulang ikan atau diagram *ishikawa*)
7. *Defect concentration diagram*

2.4. Peta Kendali

Peta kendali secara teknik merupakan alat terancang dari tujuh alat pengendalian kualitas. Peta kendali merupakan karakteristik kualitas yang disajikan secara grafis yang memuat pengukuran yang dilakukan terhadap sampel pada sumbu y dan nomor sampel atau waktu pada sumbu x. Peta kendali terdiri dari garis tengah yang merupakan nilai *mean* dari karakteristik ketika proses dalam keadaan *in control*. Peta kendali juga memuat garis batas kendali atas dan batas kendali bawah yang berfungsi sebagai penentu apakah proses dalam keadaan *in control* atau tidak. Proses yang berada diluar batas limit akan dikatakan sebagai proses *out of control*.

Terdapat beberapa fungsi dari peta kendali yaitu:

1. Terbukti dapat dijadikan sebagai teknik untuk meningkatkan produktivitas
2. Efektif dalam mencegah terjadinya barang cacat produksi
3. Dapat mencegah terjadinya perubahan yang tidak diperlukan
4. Dapat menyediakan diagnostik informasi
5. Dapat menyediakan informasi terkait kapabilitas proses

Melakukan pengendalian kualitas menggunakan peta kendali biasanya menggunakan dua fase, di mana fase satu digunakan untuk mengumpulkan informasi dari pengamatan ketika proses berlangsung dalam keadaan normal. Pada fase ini, nilai batas limit baik untuk batas kendali atas maupun batas kendali bawah dihasilkan dari data pengamatan. Ketika terdapat pengamatan yang keluar dari batas kendali atau berada pada keadaan *out of control* maka perlu dicari penyebabnya, kemudian dihapus dan dihitung kembali. Pada fase dua dilakukan pengawasan menggunakan hasil perhitungan pada batas kendali fase satu yang sudah berada dalam keadaan *in control* (Montgomery D. C., 2013).

2.4.1 Peta Kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA)

EWMA merupakan peta kendali yang tepat digunakan pada data univariat dengan pergeseran kecil baik pada data individu ($n=1$) maupun menggunakan subgrup ($n>1$). Pada peta kendali EWMA Titik-titik pengamatan yang dihasilkan pada plot adalah nilai *weighted moving average* atau pergeseran *mean* yang telah diberi bobot dimana nilai pembobot (λ) ditentukan oleh peneliti antara 0.1 hingga 0.9. Peta kendali. Persamaan yang digunakan dalam menghitung nilai pengamatan untuk $i=1,2,3,\dots,n$ adalah:

$$z_i = \lambda x_i + (1 - \lambda) z_{i-1} \quad (2.8)$$

Keterangan:

- z_i = Nilai EWMA pengamatan ke- i
- z_{i-1} = Nilai EWMA pengamatan ke- $(i-1)$
- x_i = Data pengamatan ke- i
- λ = Nilai pembobot

Batas kendali peta kendali EWMA di hitung dengan $i = 1, 2, \dots, N$ menggunakan persamaan (2.9)

$$\begin{aligned}
 BKA &= \mu_0 + k\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} \left(1 - (1-\lambda)^{2i}\right)} \\
 \text{Nilai tengah} &= \mathbf{m} \\
 BKB &= \mu_0 - k\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} \left(1 - (1-\lambda)^{2i}\right)}
 \end{aligned} \tag{2.9}$$

Keterangan:

BKA = Batas kendali atas

BKB = Batas kendali bawah

σ = Nilai standar deviasi

k = Koefisien σ

λ = Nilai pembobot

Pengamatan akan dikatakan *out of control* ketika memiliki nilai diatas batas kendali atas atau dibawah batas kendali bawah (Montgomery D. C., 2013).

2.4.2 Peta Kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV)

Peta kendali *multivariate exponentially weighted moving variance* atau MEWMV merupakan peta kendali yang digunakan digunakan untuk memonitor variabilitas proses. Dalam peta kendali MEWMV tidak digunakan asumsi data mengalami perubahan *mean* proses selama pengendalian berlangsung. Peta kendali ini dapat mendeteksi terjadinya perubahan variabilitas proses secara sensitif menggunakan persamaan berikut (Huwang, Arthur, & Chien-Wei, 2007).

$$\mathbf{V}_n = \omega(\mathbf{x}_n - \mathbf{y}_n)(\mathbf{x}_n - \mathbf{y}_n)^T + (1-\omega)\mathbf{V}_{n-1} \tag{2.10}$$

nilai ω yang digunakan merupakan nilai pembobot dengan nilai $0 < \omega < 1$ dan $\mathbf{V}_0 = (\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)^T$. Estimasi dari \mathbf{y}_n untuk perubahan *mean* proses pada waktu ke n dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$y_n = \lambda x_n + (1 - \lambda) y_{n-1} \quad (2.11)$$

dimana nilai $y_0 = 0$ dan $0 < \lambda < 1$. Perubahan dalam matriks kovarian harus didefinisikan untuk dideteksi dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \text{ dan } \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

Dimana nilai n banyaknya pengamatan yang dilakukan. Untuk mengetahui perubahan dalam matriks kovarians maka harus didefinisikan dalam suatu matriks. Matriks \mathbf{C} merupakan matriks diagonal berukuran $n \times n$ dengan ω sebagai elemennya dimana ω adalah *smoothing constant*. Matriks ini menunjukkan suatu nilai pembobot dari \mathbf{V}_n sebagai berikut.

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

Untuk masing-masing nilai n , persamaan (2.10) dapat dijabarkan sebagai berikut.

untuk $n = 1$,

$$\mathbf{V}_1 = \omega(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)^T + (1 - \omega)\mathbf{V}_0$$

untuk $n = 2$,

$$\mathbf{V}_2 = \omega(\mathbf{x}_2 - \mathbf{y}_2)(\mathbf{x}_2 - \mathbf{y}_2)^T + \omega(1 - \omega)(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)^T + (1 - \omega)^2 \mathbf{V}_0$$

untuk $n = 3$,

$$\begin{aligned} \mathbf{V}_3 &= \omega(\mathbf{x}_3 - \mathbf{y}_3)(\mathbf{x}_3 - \mathbf{y}_3)^T + \omega(1 - \omega)(\mathbf{x}_2 - \mathbf{y}_2)(\mathbf{x}_2 - \mathbf{y}_2)^T \\ &+ \omega(1 - \omega)^2(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)^T + (1 - \omega)^3 \mathbf{V}_0 \end{aligned}$$

Begitu seterusnya berlaku untuk semua pengamatan. Dengan demikian secara umum persamaan (2.13) dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\mathbf{V}_n = (\mathbf{x}_i - \mathbf{y}_i)(\mathbf{x}_i - \mathbf{y}_i)^T + \mathbf{V}_0 \quad (2.13)$$

Persamaan (2.11) juga memiliki penjabaran yang serupa dengan persamaan (2.10), sehingga didapatkan nilai \mathbf{y}_n sebagai berikut.

untuk $n = 1$,

$$\mathbf{y}_1 = \lambda \mathbf{x}_1$$

untuk $n = 2$,

$$\mathbf{y}_2 = \lambda \mathbf{x}_2 + \lambda(1 - \lambda) \mathbf{x}_1$$

untuk $n = 3$,

$$\mathbf{y}_3 = \lambda \mathbf{x}_3 + \lambda(1 - \lambda) \mathbf{x}_2 + \lambda(1 - \lambda)^2 \mathbf{x}_1$$

Secara umum, persamaan (2.14) dapat diubah menjadi persamaan berikut.

$$\mathbf{y}_n = \sum_{i=1}^n \lambda(1 - \lambda)^{n-i} \mathbf{x}_i \quad (2.14)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.14) ke dalam $\mathbf{x}_i - \mathbf{y}_i$ maka dapat dituliskan :

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_i - \mathbf{y}_i &= \mathbf{x}_i - \sum_{j=1}^i \lambda(1 - \lambda)^{i-j} \mathbf{x}_j \\ &= (1 - \lambda) \mathbf{x}_i - \lambda(1 - \lambda) \mathbf{x}_{i-1} - \dots \\ &\quad - \lambda(1 - \lambda)^{i-1} \mathbf{x}_1; i = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (2.15)$$

Persamaan (2.15) dapat dituliskan dalam bentuk matriks sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
(\mathbf{X} - \mathbf{Y}) &= \begin{bmatrix} (\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)^T \\ (\mathbf{x}_2 - \mathbf{y}_2)^T \\ \vdots \\ (\mathbf{x}_n - \mathbf{y}_n)^T \end{bmatrix} \\
&= \begin{bmatrix} 1 - \lambda & 0 & \cdots & 0 \\ -\lambda(1 - \lambda) & 1 - \lambda & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\lambda(1 - \lambda)^{n-1} & \cdots & -\lambda(1 - \lambda) & 1 - \lambda \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1^T \\ \mathbf{x}_2^T \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n^T \end{bmatrix} \quad (2.16) \\
&= (\mathbf{I}_n - \mathbf{M})\mathbf{X}
\end{aligned}$$

\mathbf{I}_n merupakan matriks identitas berukuran $n \times n$ yang dapat dituliskan dengan,

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

\mathbf{M} merupakan matriks berukuran $n \times n$ dengan λ yang merupakan pembobot yang telah ditetapkan.

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

Persamaan (2.16) juga dapat dituliskan dengan persamaan berikut.

$$\mathbf{V}_n = (\mathbf{X} - \mathbf{Y})^T \mathbf{C}(\mathbf{X} - \mathbf{Y}) \quad (2.17)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.17) ke dalam persamaan (2.18) maka dapat diperoleh,

$$\begin{aligned}
\mathbf{V}_n &= \mathbf{X}^T (\mathbf{I}_n - \mathbf{M})^T \mathbf{C}(\mathbf{I}_n - \mathbf{M})\mathbf{X} \\
&= \mathbf{X}'\mathbf{Q}\mathbf{X} \quad (2.18)
\end{aligned}$$

dimana Q adalah matriks bujur sangkar dengan ukuran $n \times n$

$$\mathbf{Q} = (\mathbf{I}_n - \mathbf{M})^T \mathbf{C}(\mathbf{I}_n - \mathbf{M}) \quad (2.19)$$

dari persamaan (2.18) nilai $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$ dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}\text{tr}(\mathbf{V}_n) &= \text{tr}(\mathbf{X}^T \mathbf{Q} \mathbf{X}) \\ &= \text{tr}(\mathbf{Q} \mathbf{X} \mathbf{X}^T)\end{aligned}\quad (2.20)$$

dengan,

$$\begin{aligned}\mathbf{Q} \mathbf{X} \mathbf{X}^T &= \begin{bmatrix} q_{11} & \cdots & q_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{n1} & \cdots & q_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{np} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{p1} & \cdots & x_{pn} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} q_{11} & \cdots & q_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{n1} & \cdots & q_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \sum_{k=1}^p x_{1k} x_{1k} & \sum_{k=1}^p x_{1k} x_{2k} & \cdots & \sum_{k=1}^p x_{1k} x_{nk} \\ \sum_{k=1}^p x_{1k} x_{2k} & \sum_{k=1}^p x_{2k} x_{2k} & \cdots & \sum_{k=1}^p x_{2k} x_{nk} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{k=1}^p x_{1k} x_{nk} & \sum_{k=1}^p x_{2k} x_{nk} & \cdots & \sum_{k=1}^p x_{nk} x_{nk} \end{bmatrix}\end{aligned}$$

Sehingga didapatkan,

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

Pada saat $p = 1$ maka persamaan $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$ akan menjadi persamaan EWMV. Nilai $E(\text{tr}(\mathbf{V}_n))$ pada data dalam keadaan terkendali dapat dihitung dengan.

$$\begin{aligned}E[\text{tr}(\mathbf{V}_n)] &= \sum_{i=1}^n q_{ii} E \left(\sum_{k=1}^p x_{ik}^2 \right) + \sum_{i=1}^n \sum_{i \neq j}^n q_{ij} E \left(\sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk} \right) \\ &= p \sum_{i=1}^n q_{ii} = p \times \text{tr}(\mathbf{Q})\end{aligned}\quad (2.21)$$

Nilai $E[\text{tr}(\mathbf{V}_n)]$ akan konvergen dengan $\frac{2p(1-\lambda)^2 \Sigma}{2-\lambda}$ untuk $n \rightarrow \infty$.

Untuk mendapatkan batas kendali dari $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$ nilai $\text{Var}[\text{tr}(\mathbf{V}_n)]$ didapat dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Var}[\text{tr}(\mathbf{V}_n)] &= \text{Var} \left[\sum_{i=1}^n q_{ii} \sum_{k=1}^p x_{ik}^2 + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j<i}^n q_{ij} \sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk} \right] \\ &= \sum_{i=1}^n q_{ii}^2 \text{var} \left(\sum_{k=1}^p x_{ik}^2 \right) + 4 \sum_{i=1}^n \sum_{j<i}^n q_{ij}^2 \text{var} \left(\sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk} \right) \quad (2.22) \\ &= 2p \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n q_{ij}^2 + 4 \sum_{i=1}^n \sum_{j<i}^n q_{ij}^2 = 2p \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n q_{ij}^2 \end{aligned}$$

Persamaan (2.20) akan menjadi batas yang memungkinkan untuk setiap n dan batas diagram berdasarkan $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$, yaitu

$$\begin{aligned} BKA &= E[\text{tr}(V_n)] + L\sqrt{\text{Var}[\text{tr}(V_n)]} = p(\times \text{tr}(Q)) + L\sqrt{2p \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij}^2} \\ \text{Nilai tengah} &= E[\text{tr}(V_n)] = p(\times \text{tr}(Q)) \quad (2.23) \end{aligned}$$

$$BKB = E[\text{tr}(V_n)] - L\sqrt{\text{Var}[\text{tr}(V_n)]} = p(\times \text{tr}(Q)) - L\sqrt{2p \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij}^2}$$

Nilai L dapat dilihat pada Lampiran E2 dengan $p=3$, dimana L adalah konstanta yang nilainya didapatkan berdasarkan jumlah variabel pengamatan atau p , nilai pembobot ω dan λ yang telah ditentukan menggunakan simulasi Monte-Carlo untuk mendapatkan nilai *average run length* (ARL_0) yang diinginkan yaitu 370 (Huwang, dkk, 2007).

2.4.3 Peta Kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA)

Peta kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* atau MEWMA digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan pada target proses. Kelebihan dari peta kendali ini adalah *robust* terhadap asumsi distribusi normal, sehingga ketika asumsi normal multivariat tidak terpenuhi, maka peta kendali ini masih bisa

digunakan. Peta kendali MEWMA merupakan generalisasi dari proses untuk data univariat EWMA dengan persamaan berikut.

$$\mathbf{Z}_i = \lambda \mathbf{X}_i + (1 - \lambda) \mathbf{Z}_{i-1} \quad (2.24)$$

dimana \mathbf{X}_i merupakan vektor *mean* sampel dan λ adalah pembobot dengan nilai $0 \leq \lambda \leq 1$ dan $\mathbf{Z}_0 = \mathbf{0}$.

Nilai pembobot yang digunakan pada peta kendali ini bisa menggunakan nilai yang sama ataupun beda untuk masing-masing variabelnya. Nilai pembobot yang digunakan adalah $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_p = \lambda$ pada kondisi umum, namun dapat digunakan pembobot yang berbeda pada kondisi tertentu. Titik pengamatan digambarkan pada peta kendali menggunakan rumus:

$$T_i^2 = \mathbf{Z}_i^T \Sigma_{z_i}^{-1} \mathbf{Z}_i \quad (2.25)$$

$$\Sigma_{z_i} = \frac{\lambda}{2 - \lambda} \left[1 - (1 - \lambda)^{2i} \right] \Sigma \quad (2.26)$$

dimana, matriks kovarian Σ analog dengan varians pada data univariat EWMA.

Data *out of control* ketika nilai T_i^2 lebih besar dari batas kendali atas (BKA), didapatkan dari hasil simulasi yang disesuaikan dengan besarnya ARL hingga didapatkan nilai batas kendali atas yang konvergen. Batas pengendali bawah (BKB) untuk peta kendali MEWMA sama dengan 0 karena nilai T_i^2 yang selalu positif sehingga batas pengendali bawah (BKB) yang paling minimum dari suatu nilai yang positif adalah 0 (Montgomery D. C., 2013).

2.5. Analisis Kapabilitas Proses

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

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

$$C_p = \frac{BKA - BKB}{6\hat{\sigma}} \quad (2.27)$$

Keterangan:

BKA = Batas kendali atas

BKB = Batas kendali bawah

σ = Nilai standar deviasi

$\hat{\sigma}$ = Nilai standar deviasi sampel

C_p = Indeks kapabilitas proses

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

$$C_{pu} = \frac{BKA - \mu}{3\hat{\sigma}}, C_{pl} = \frac{\mu - BKB}{3\hat{\sigma}} \quad (2.28)$$

Keterangan:

BKA = Batas kendali atas

BKB = Batas kendali bawah

σ = Nilai standar deviasi

C_{pu} = Indeks kapabilitas proses atas

C_{pl} = Indeks kapabilitas proses bawah

Indeks C_p tidak memperhitungkan perbedaan *mean* proses terhadap *mean* spesifikasi. C_{pk} merupakan perbaikan dari C_p , maka rumusnya adalah sebagai berikut.

$$C_{pk} = \min(C_{pu}, C_{pl}) \quad (2.29)$$

Jika $C_p = C_{pk}$, proses terpusat di *mean* spesifikasi, dan tidak terpusat bila $C_p < C_{pk}$. Serupa dengan perhitungan C_p , kinerja tingkat P_p mempunyai rumus sebagai berikut.

$$\hat{P}_p = \frac{BKA - BKB}{6\hat{\sigma}} \quad (2.30)$$

Keterangan:

BKA = Batas kendali atas

BKB = Batas kendali bawah

$\hat{\sigma}$ = Nilai standar deviasi sampel

P_p = Indeks kapabilitas proses
dimana $\hat{\sigma}$ dapat dihitung dengan menggunakan rumus

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n-1)} \quad (2.31)$$

Perbedaan antara C_p dan P_p , serta antara C_{pk} dan P_{pk} , adalah hasil dari metode perhitungan standar deviasi. C_p dan C_{pk} mempertimbangkan deviasi *mean* dalam sub kelompok rasional, sedangkan P_p dan P_{pk} mengatur penyimpangan berdasarkan data yang diteliti. Tingkat kemampuan untuk P_{pk} dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$P_{pk} = \min\left(\frac{BKA - \mu}{3\hat{\sigma}}, \frac{\mu - BKB}{3\hat{\sigma}}\right) \quad (2.32)$$

Keterangan:

BKA = Batas kendali atas

BKB = Batas kendali bawah

$\hat{\sigma}$ = Nilai standar deviasi sampel

Apabila proses belum stabil, digunakan P_{pk} untuk menghitung indeks kapabilitas. Perhitungan standar deviasi total, yang mempertimbangkan faktor *special cause* dan *common cause*. Sedangkan jika proses stabil, digunakan C_{pk} untuk menghitung indeks kapabilitas. Perhitungan standar deviasi dengan menggunakan konstanta ($\hat{\sigma} = R/d_2$), yang hanya memperhatikan faktor *common cause* (Montgomery, 2013).

Perhitungan indeks P_p dan P_{pk} untuk data multivariat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$MP_{pk} = \sum_{k=1}^p W_k P_{pk}(X_k) \quad (2.33)$$

$$MP_p = \sum_{k=1}^p W_k P_p(X_k) \quad (2.34)$$

MP_p dan MP_{pk} berturut-turut merupakan bentuk P_p dan P_{pk} dalam keadaan multivariat dengan W_i merupakan pembobot berdasarkan kepentingan dengan $\sum_{k=1}^p W_k = 1$. Nilai pembobot W_i disesuaikan

dengan pembobot dari masing-masing variabel yang ditentukan oleh perusahaan, jika tidak ada ketentuan maka pembobot dapat dianggap sama dengan membagi nilai 1 dengan jumlah variabel pengamatan (Raissi, 2009).

2.6. Air

Air merupakan suatu senyawa kimia sederhana yang terdiri atas 2 atom hidrogen (H) dan satu atom Oksigen (O). Air mempunyai ikatan Hidrogen yang cenderung bersatu padu untuk menentang kekuatan dari luar yang akan memecahkan ikatan-ikatan ini (Kuncoro & Wiharto, 2009).

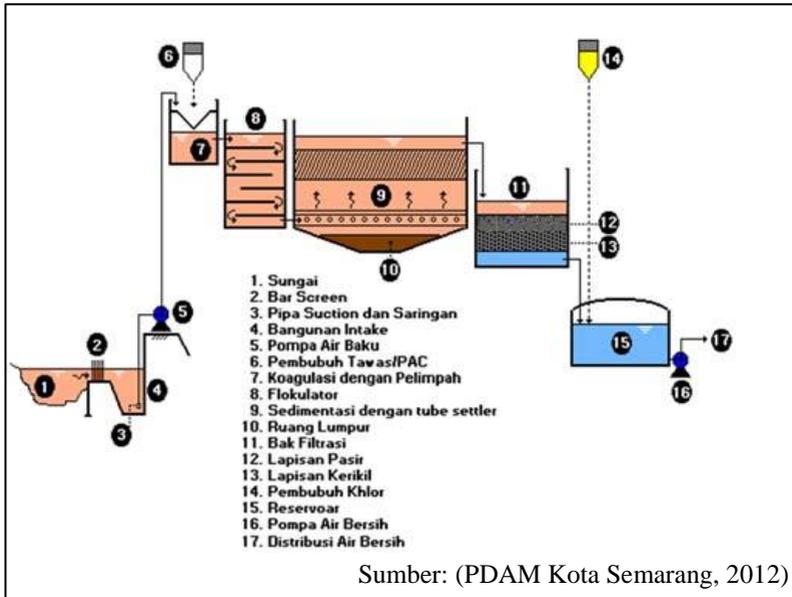
Menurut Peraturan Menteri Kesehatan no. 492 tentang persyaratan kualitas Air Minum pada pasal 3 dimuat beberapa hal sebagai berikut:

1. air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan.
2. Parameter wajib sebagaimana dimaksud pada ayat (1) merupakan persyaratan kualitas air minum yang wajib diikuti dan ditaati oleh seluruh penyelenggara air minum.
3. Pemerintah daerah dapat menetapkan parameter tambahan sesuai dengan kondisi kualitas lingkungan daerah masing-masing dengan mengacu pada parameter tambahan sebagaimana diatur dalam peraturan ini

Proses pengolahan air dilakukan pada instalasi pengolahan air yang terdiri dari *intake*, WTP, dan *resevoir* yang biasanya ditempatkan pada satu kawasan atau wilayah. dimulai melalui proses penyaringan utama pada air sungai untuk menyaring sampah-sampah yang terdapat dalam air. Kemudian pada proses selanjutnya dilakukan prasedimentasi. Proses pra-sedimentasi merupakan proses pengendapan *grit* yang dilakukan secara gravitasi sederhana tanpa memberikan tambahan bahan kimia koagulan. Proses pra-sedimentasi dilakukan kurang lebih selama dua jam sebelum air dialirkan pada *blower* untuk penambahan kandungan oksigen serta mengatur tekanan pada aliran air. Proses selanjutnya dilakukan koagulasi di mana pada proses ini diberikan koagulan berupa aluminium sulfat untuk

mengikat lumpur serta tanah pada air yang tidak mengendap pada proses pra-sedimentasi. Alumunium sulfat yang diberikan pada air disesuaikan dengan kadar kekeruhan yang telah diukur sebelumnya. Dosis yang diberikan pada air menggunakan nilai presentase antara 15% hingga 30% di mana proses dilakukan pada bak predikantir. Pada proses ini air baku diberi perlakuan fisik seperti pengadukan cepat, maupun secara mekanis dengan menggunakan mesin pemutar juga dilakukan. Setelah melalui proses koagulasi, proses pengolahan air dilanjutkan dengan flokulasi. Proses ini dilakukan untuk memperbesar flok dengan melakukan pengadukan lambat. Proses pengadukan cepat maupun pengadukan lambat diatur berdasarkan sampel yang diteliti melalui proses *jartest*. Proses *jartest* merupakan proses yang digunakan untuk mengatur kecepatan dan lama pengadukan yang dilakukan pada air baku pada proses koagulasi maupun flokulasi.

Setelah ketiga proses ini, dilakukan proses sedimentasi hingga menjadi unit aselator. Proses sedimentasi merupakan proses pemisahan antara zat padat dan zat cair untuk menghasilkan air yang lebih jernih dengan menggunakan proses pengendapan setelah dilakukannya pengadukan lambat untuk memperbesar zat padat yang sudah terikat oleh alumunium sulfat sebagai tawas. Unit aselator kemudian difiltrasi untuk menyaring air dengan menggunakan media berbutir yang terdiri dari pasir *silica* dan *antrasit*, dan kerikil *silica* dengan ketebalan yang berbeda-beda dengan cara grafitasi. Biasanya, pada proses tambahan disinfeksi dengan melakukan penambahan *chlor*, ozonisasi, UV, dan lain lain sebelum masuk pada *resevoir*. Dalam proses ini air hasil olahan sudah menjadi *clear water* yang ditempatkan pada *reservoir* sebelum didistribusikan pada masyarakat. Pada pengukuran kualitas air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya, sampel yang diambil merupakan air yang berada pada *reservoir* atau biasa disebut air produksi yang pada Gambar 2.1 berada pada no. 15.



Gambar 2.1 Proses Pengolahan Air

2.7. PDAM Surya Sembada Kota Surabaya

Perusahaan Daerah Air Minum atau PDAM merupakan salah satu unit usaha milik daerah, yang bergerak dalam usaha distribusi air bersih untuk masyarakat umum. PDAM kini terdapat di setiap provinsi, kabupaten, dan kota madya yang tersebar di seluruh Indonesia. PDAM menjadi sarana penyedia air bersih yang diawasi serta dimonitor oleh aparat eksekutif maupun legislatif daerah. Riwayat PDAM secara umum dimulai dari pembangunan Air Minum di 106 Kabupaten/Kota, yang dilanjutkan pembentukan BPAM (Badan Pengelola Air Minum) sekaligus menjadi embrio PDAM yang mengelola fasilitas maupun sarana air minum dimana Pemerintah Pusat turut bertanggung jawab dalam pembangunan unit produksi milik Pemda ini. Diawali sejak tahun 2004 inilah merupakan tonggak terbitnya peraturan dan perundangan yang menjadi landasan dan payung hukum perusahaan air minum dengan dimulai terbitnya UU no 7 Tahun 2004 tentang SDA (sumber daya air). Setelah 60 tahun

Indonesia merdeka ditahun ini Indonesia baru memiliki peraturan tertinggi disektor air minum dengan terbitnya PP (peraturan pemerintah) No 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan SPAM (sistim penyediaan air minum). Berdirinya PDAM Surya Sembada Kota Surabaya merupakan peninggalan jaman Belanda, dimana pembentukan sebagai BUMD berdasarkan :

1. Peraturan Daerah No. 7 tahun 1976 tanggal 30 Maret 1976
2. Disahkan dengan Surat Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur, tanggal 06 Nopember 1976 No. II/155/76
3. Diundangkan dalam Lembaran Daerah Kotamadya Daerah Tingkat II Surabaya tahun 1976 seri C pada tanggal 23 Nopember 1976 No. 4/C

Selama ini proses pengawasan terhadap kualitas air hasil olahan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dilakukan secara berkala dengan melakukan pengambilan sampel berbeda pada setiap variabelnya, yaitu pada instalasi Karang Pilang I, karang pilang II, Karang Prilang III, Ngagel I, Ngagel II, dan Ngagel III. Hasil pemeriksaan ini kemudian dilaporkan pada setiap tahunnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Sumber Data

Sumber data pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari data kualitas air tahun 2016 pada instalasi Ngagel II dan didapatkan dari Sub Direktorat Kualitas PDAM Kota Surabaya. Data merupakan sampel yang diukur setiap pagi pada hari Senin sampai dengan hari Jumat. Sampel yang diukur merupakan air yang diambil dari *reservoir* atau disebut air produksi setelah proses pengolahan air telah selesai dilakukan.

3.2. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini merupakan variabel penentu kualitas air yang terdiri dari:

1. Zat organik (KMnO_4) adalah Zat oksidator yang berfungsi untuk menghilangkan unsur besi dan mangan, serta menghilangkan mengatasi limbah pada air. Banyaknya kandungan KMnO_4 yang melewati batas dapat menyebabkan gangguan terhadap kesehatan (Sutrisno, 2010).
2. Kekeruhan atau Turbiditas pada air diukur dengan turbidimeter. Kekeruhan terjadi dikarenakan adanya suspensi seperti endapan lumpu, tanah, pasir. Tingkatan kekeruhan air atau turbiditas memiliki satuan pengukuran *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU) yang ditentukan oleh badan kesehatan dunia *World Health Organization* (WHO), batas maksimum kekeruhan air yang memenuhi syarat adalah maksimal 5 NTU (Yuniarti, 2007).
3. Sisa *Chlor* merupakan zat kimia yang diberikan dalam pengolahan air untuk membunuh kuman-kuman yang terdapat pada air. Air yang mengandung sisa *chlor* dalam jumlah yang melebihi batas dapat menyebabkan timbulnya masalah terhadap kesehatan bagi yang mengkonsumsinya (Sutrisno, 2010).

Ketiga variabel ini merupakan variabel utama yang diukur dalam pengendalian kualitas air yang saling berhubungan, dimana

kekeruhan pada air bisa menaikkan kebutuhan akan KMnO_4 dan meningkatkan sisa *chlor* pada air hasil produksi. Untuk lebih lanjut variabel dapat dijelaskan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan	Satuan	Spesifikasi
X_1	Kekeruhan	NTU	<5 NTU
X_2	KMnO_4	Mg/l	<10 Mg/l
X_3	Sisa <i>Chlor</i>		< 1 mg/l

Struktur data penelitian yang digunakan pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Struktur Data

sampel	X_1	X_2	X_3
1	$X_{1(1)}$	$X_{2(1)}$	$X_{3(1)}$
2	$X_{1(2)}$	$X_{2(2)}$	$X_{3(2)}$
3	$X_{1(3)}$	$X_{2(3)}$	$X_{3(3)}$
⋮	⋮	⋮	⋮
8	$X_{1(8)}$	$X_{2(8)}$	$X_{3(8)}$
⋮	⋮	⋮	⋮
246	$X_{1(246)}$	$X_{2(246)}$	$X_{3(246)}$

3.3. Langkah Analisis

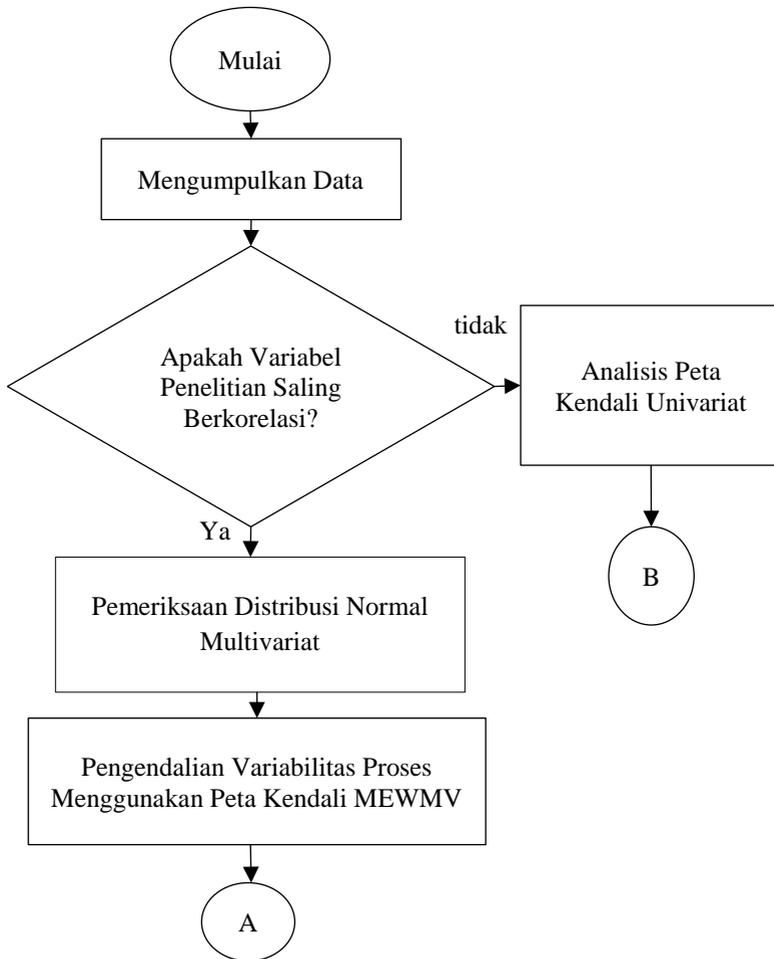
Berikut adalah langkah-langkah analisis yang digunakan dalam melakukan penelitian ini berdasarkan tujuan penelitian yang telah dirumuskan.

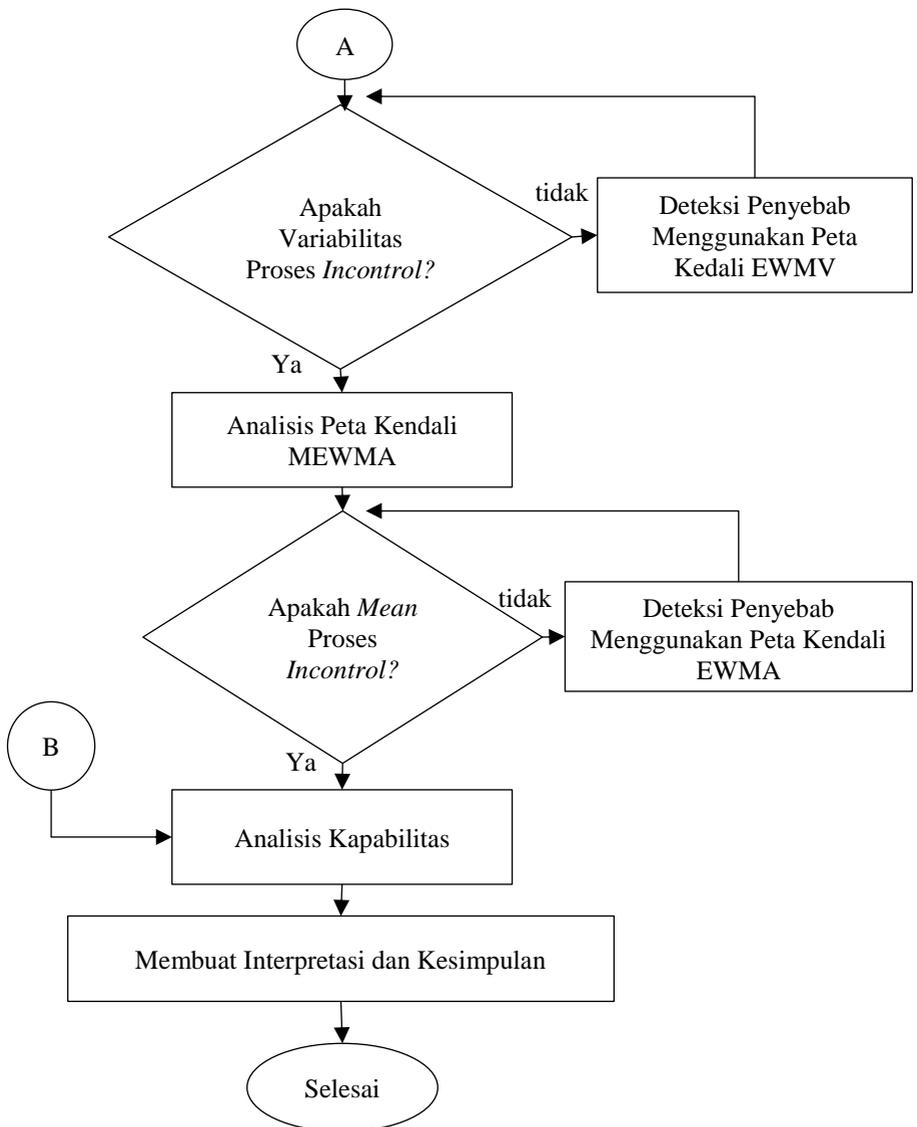
1. Melakukan analisis eksplorasi data untuk mengetahui karakteristik pada setiap variabel Zat organik (KMnO_4), kekeruhan, dan sisa *chlor*.
2. Melakukan uji *Bartlett* pada variabel kekeruhan, zat organik (KMnO_4), serta sisa *chlor* untuk mengetahui apakah terdapat hubungan antar variabel atau tidak menggunakan Persamaan (2.1) dan (2.2).
3. Melakukan uji asumsi normal multivariat pada data Zat organik (KMnO_4), kekeruhan, dan sisa *chlor* menggunakan *Mardia test* untuk mengetahui apakah data yang digunakan berdistribusi

normal multivariat atau tidak menggunakan Persamaan (2.6) dan (2.7).

4. Melakukan analisis dengan menggunakan peta kendali MEWMV menggunakan Persamaan (2.20) dan (2.23).
5. Melakukan analisis dengan menggunakan peta kendali MEWMA menggunakan Persamaan (2.25) dan (2.26).
6. Mendeteksi variabel penyebab pengamatan *out of control* menggunakan peta kendali EWMA menggunakan Persamaan (2.8) dan (2.9).
7. Melakukan analisis kapabilitas proses untuk mengetahui apakah proses yang dilakukan sudah baik (2.33) dan (2.34).
8. Melakukan Interpretasi dan mengambil kesimpulan.

Langkah-langkah analisis tersebut dapat digambarkan dalam diagram alir sebagaimana yang ditampilkan pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

PDAM Surya Sembada Kota Surabaya merupakan satu-satunya badan usaha milik negara yang melakukan pengolahan air sungai hingga dapat dimanfaatkan oleh masyarakat, khususnya Surabaya. Dalam memenuhi kebutuhan masyarakat PDAM Surya Sembada Kota Surabaya tentunya mengutamakan kualitas air hasil olahannya sesuai dengan Permenkes no. 492 tahun 2010 yang dijadikan sebagai pedoman.

Pengendalian kualitas air yang dilakukan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya selama ini menggunakan 24 buah variabel. Namun, untuk variabel utama yang menggambarkan kualitas yaitu variabel kekeruhan, zat kimia organik atau KMnO_4 , dan sisa *chlor*. Semakin tinggi nilai variabel tersebut dalam air maka kualitas air akan semakin buruk dan dapat berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat yang menggunakan air tersebut.

4.1 Karakteristik Kualitas Air

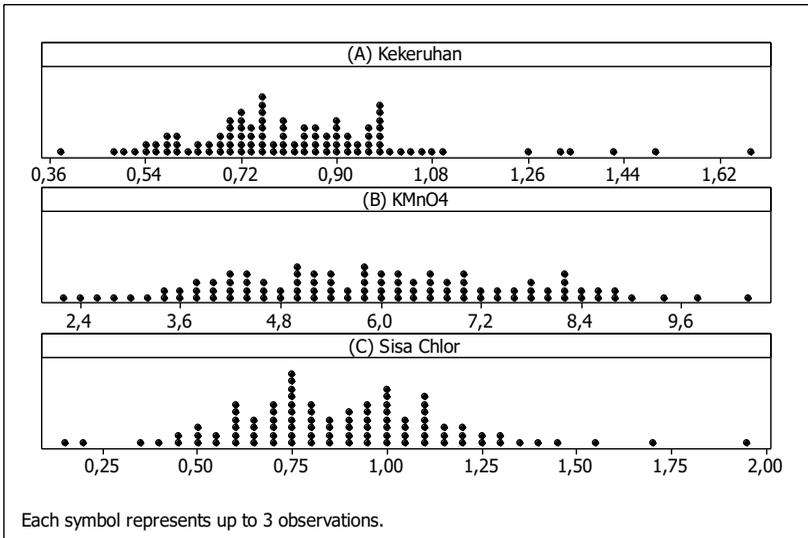
Air produksi merupakan sebutan bagi air yang telah selesai diolah dan dapat didistribusikan kepada masyarakat. Air produksi juga merupakan air yang telah memenuhi standar kualitas yang ditentukan oleh PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Untuk mengetahui gambaran umum tentang karakteristik kualitas pada variabel kekeruhan, zat kimia organik (KMnO_4), dan sisa *chlor* pada tahun 2016 maka diberikan deskripsi kualitas pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Deskripsi Karakteristik Kualitas

Variabel	Mean	Variansi	Min	Maks	Spesifikasi
Kekeruhan	0.8037	0.0314	0,38	1.68	<5 NTU
KMnO_4	5.882	2.770	2.180	10.410	<10 mg/l
Sisa chlor	0.8729	0.0688	0.14	1.96	<1 mg/l

Berdasarkan Tabel 4.1, diketahui seluruh variabel masih masuk ke dalam syarat yang ditentukan dalam Permenkes no. 492 tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air minum. Namun, untuk nilai yang dimiliki oleh variabel KMnO_4 masih terdapat pengukuran yang berada

diluar batas atas yang telah ditentukan dengan nilai maksimum sebesar 10.410 dan untuk variabel sisa *chlor* terdapat pengamatan yang keluar dari batas spesifikasi perusahaan dengan nilai maksimum sebesar 1.96 ,sedangkan untuk variabel kekeruhan seluruh pengamatan sudah masuk ke dalam spesifikasi yang telah ditentukan. Penjelasan lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Dot Plot Karakteristik Kualitas ((A) Kekeruhan, (B) KMnO₄, (C) Sisa Chlor)

Berdasarkan Gambar 4.1, diketahui bahwa nilai pengukuran yang dimiliki oleh variabel KMnO₄ terdapat 0.4% atau satu pengamatan yang melebihi batas spesifikasi yang ditentukan oleh perusahaan, sedangkan untuk variabel sisa *chlor* terdapat 28.45% atau 70 pengamatan melebihi batas spesifikasi yang ditentukan oleh perusahaan, dan untuk variabel kekeruhan keseluruhan pengamatan telah masuk ke dalam batas spesifikasi perusahaan. Jika diperhatikan dari tingkat variansi, variabel KMnO₄ memiliki nilai variansi tertinggi yaitu 2.770, diikuti oleh variabel sisa *chlor* sebesar 0.0688, dan kekeruhan yaitu 0.0314. Artinya, data kualitas air variabel KMnO₄

yang diambil selama periode tahun 2016 memiliki variasi yang paling heterogen dibandingkan dengan jenis ukuran partikel lainnya.

4.2 Uji Dependensi Variabel

Variabel karakteristik kualitas air yang digunakan dalam penelitian ini ada tiga yaitu kekeruhan, KMnO_4 , dan sisa *chlor* sehingga untuk memeriksa apakah antar variabel tersebut saling dependen digunakan uji Bartlett. Didapatkan nilai *chi-square* tabel atau $\chi^2_{0.05,3}$ sebesar 7.815 dengan derajat bebas sebesar 3 dan batas toleransi 5% dan hasil perhitungan berdasarkan Persamaan (2.6) yang dijelaskan pada Tabel 4.2 berikut.

<i>Chi-Square</i>	Df	<i>P-value</i>
8.611	3	0.035

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai *Chi-square* yang dihasilkan lebih besar dari nilai *Chi Square* tabel sebesar 7.815 dan *p-value* sebesar 0.035 atau lebih kecil dari batas toleransi, sehingga dengan menggunakan hipotesis

$H_0 : \rho = I$ (matriks korelasi sama dengan matriks identitas atau tidak ada korelasi)

$H_1 : \rho \neq I$ (matriks korelasi tidak sama dengan matriks identitas atau ada korelasi)

dapat disimpulkan bahwa ketiga variabel tersebut saling dependen. Hal tersebut menguatkan teori bahwa ketiga variabel yang digunakan dalam penelitian ini merupakan variabel utama yang menentukan kualitas air dan saling berhubungan satu sama lain.

4.3 Uji Distribusi Normal Multivariat

Uji asumsi normal multivariat dilakukan untuk ketiga variabel utama karakteristik kualitas air yaitu kekeruhan, KMnO_4 , dan sisa *chlor*. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan terhadap data sesuai dengan Persamaan (2.6) dan (2.7), didapatkan nilai z_1 sebesar 58.00254 dan z_2 sebesar 5.035701. Untuk hasil perhitungan yang lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 Uji Normal Multivariat Mardia

Perhitungan	Z_1	Z_2
Data Multivariat	58.00254	5.036701
<i>P-value</i>	8.635×10^{-9}	4.736×10^{-7}

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa dari hasil pengujian normalitas terhadap ketiga variabel, diketahui bahwa nilai z_1 lebih besar dari nilai *chi-square* tabel dengan derajat bebas 10 dan batas toleransi 5% yaitu 18.307. selain itu dilihat dari nilai z_2 lebih besar dari nilai z tabel dengan batas toleransi 5% yaitu 1.645. Sehingga, dengan menggunakan hipotesis:

H_0 : Data penelitian berdistribusi normal multivariat

H_1 : Data tidak berdistribusi normal multivariat

kedua pernyataan tersebut menghasilkan kesimpulan bahwa pengujian normal multivariat tolak H_0 dan data yang digunakan sebagai penelitian tidak berdistribusi normal multivariat. Nilai *p-value* dari kedua nilai z lebih kecil dari nilai batas toleransi 5% yang menguatkan keputusan bahwa data tidak berdistribusi normal multivariat.

4.4 Pengendalian Kualitas Pada Variabilitas Proses Pengolahan Air

Pengendalian kualitas pada variabilitas proses dilakukan dengan menggunakan peta kendali *Multivariate exponentially weighted moving variace* atau MEWMV. Pada pengendalian kualitas menggunakan peta kendali MEWMV diberikan nilai pembobot dengan nilai $tr(V_n)$ sebagai titik pengamatan variabilitas proses dilakukan dengan menggunakan diagram kendali MEWMV, dimana titik yang diplotkan merupakan nilai yang telah dilakukan pembobotan sebelumnya. Titik pengamatan ini biasa disebut $tr(V_n)$, yang didapat dari Persamaan (2.20).

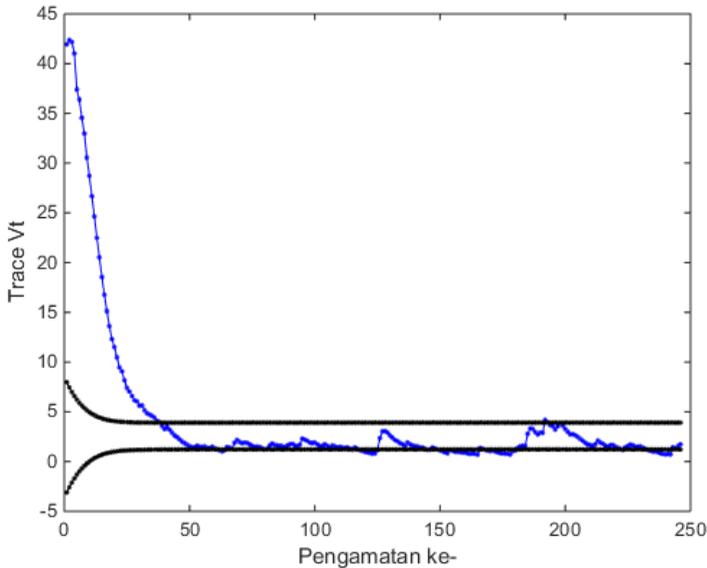
Sebelum dilakukanya pengendalian kualitas dengan menggunakan peta kendali MEWMV pembobotan pertama-tama digunakan nilai yang sama untuk nilai ω dan λ , seperti yang dijelaskan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Percobaan Diagram Kendali MEWMV dengan Kombinasi ω dan λ yang Sama

ω	λ	L	$\max \text{tr}(\mathbf{V}_n)$	BKA	BKB	<i>out of control</i>
0.1	0.1	2.7900	41.93346	3.91	1.21	95
0.2	0.2	3.3086	33.13261	4.09	0.18	14
0.3	0.3	3.6602	25.36715	3.95	-0.49	8
0.4	0.4	3.9219	18.63709	3.58	-0.88	7
0.5	0.5	4.1191	12.94243	3.01	-1.01	4
0.6	0.6	4.2715	8.283152	2.31	-0.94	4
0.7	0.7	4.3836	4.659273	1.55	-0.72	3
0.8	0.8	4.4590	2.070788	0.81	-0.41	3
0.9	0.9	4.4984	0.517697	0.24	-0.13	3

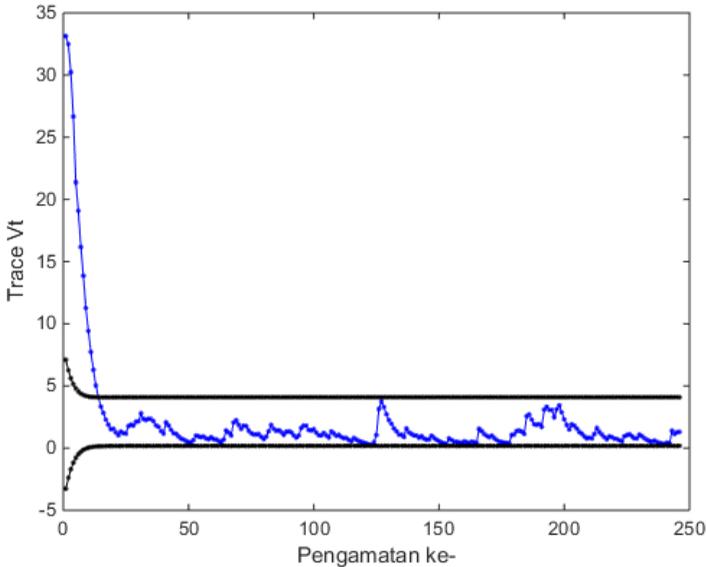
Berdasarkan Tabel 4.4, diketahui bahwa semakin besar nilai pembobot ω maka akan menghasilkan jumlah pengamatan *out of control* yang semakin sedikit, sedangkan nilai λ akan berpengaruh pada nilai $\max \text{tr}(\mathbf{V}_n)$, di mana semakin besar nilai λ maka akan menghasilkan nilai $\max \text{tr}(\mathbf{V}_n)$ yang semakin kecil.

Berdasarkan Huwang(2007) pembobot dengan nilai ω dan kurang dari 0.4 akan memberikan kinerja yang paling baik dalam melakukan pengendalian kualitas pada variabilitas proses. Maka nilai pembobot yang paling kecil digunakan pada peta kendali MEWMV adalah $\omega=0.1$ dan $\lambda=0.1$ dengan hasil plot $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$ sebagai berikut.



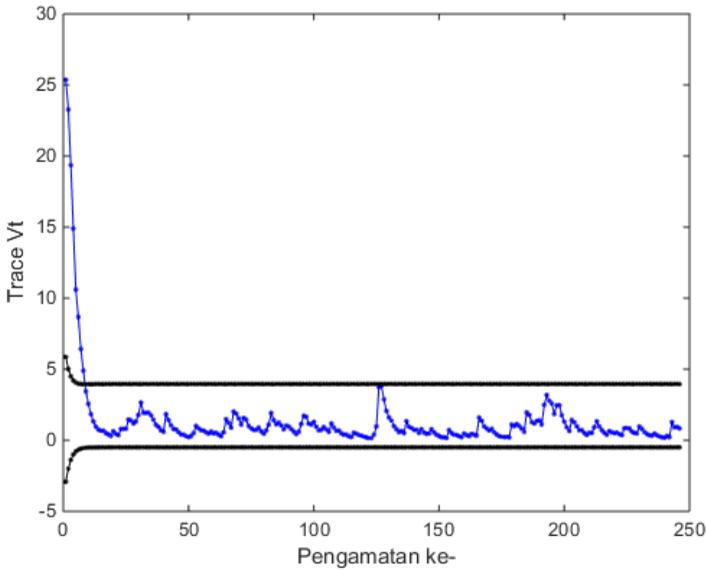
Gambar 4.2 Peta Kendali MEWMV dengan $\omega=0.1$ dan $\lambda=0.1$

Gambar 4.2 menjelaskan plot $\text{tr}(V_n)$ untuk masing-masing observasi di mana nilai batas kendali dipengaruhi oleh nilai L dari nilai $\omega=0.1$ dan $\lambda=0.1$ yaitu sebesar 2.7900 bermula pada observasi ke-38. Nilai minimum batas kendali atas hasil perhitungan didapatkan sebesar 3.91 dan nilai maksimum batas kendali bawah yaitu 1.73. Jumlah observasi yang *out of control* dengan menggunakan pembobot $\omega=0.1$, $\lambda=0.1$, dan $L=2.7900$ sebanyak 95 observasi. Proses berada pada keadaan *burn in period* hingga observasi ke-38, di mana setelahnya terdapat pengamatan yang berada di luar batas kendali sebanyak 57 pengamatan, sehingga dapat disimpulkan dari plot $\text{tr}(V_n)$ pada Gambar 4.2 bahwa dengan menggunakan pembobot dengan nilai $\omega=0.1$ dan $\lambda=0.1$, variabilitas proses tidak terkendali secara statistik.



Gambar 4.3 Peta Kendali MEWMV dengan $\omega=0.2$ dan $\lambda=0.2$

Berdasarkan Gambar 4.3, diketahui bahwa plot $tr(V_n)$ untuk masing-masing observasi dengan nilai pembobot $\omega=0.2$ dan $\lambda=0.2$ didapatkan nilai L sebesar 3.3086. Nilai minimum batas kendali atas yang didapatkan hasil perhitungan sebesar 4.09 dengan nilai maksimum batas kendali bawah sebesar 0.18. Jumlah observasi yang *out of control* pada peta kendali MEWMV dengan menggunakan pembobot $\omega=0.2$, $\lambda=0.2$, dengan $L=3.3086$ sebanyak 14 observasi. Proses berada pada keadaan *burn in period* hingga observasi ke-14, di mana setelahnya tidak terdapat pengamatan yang berada di luar batas kendali, sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan pembobot dengan nilai $\omega=0.2$ dan $\lambda=0.2$, variabilitas proses telah terkendali secara statistik.

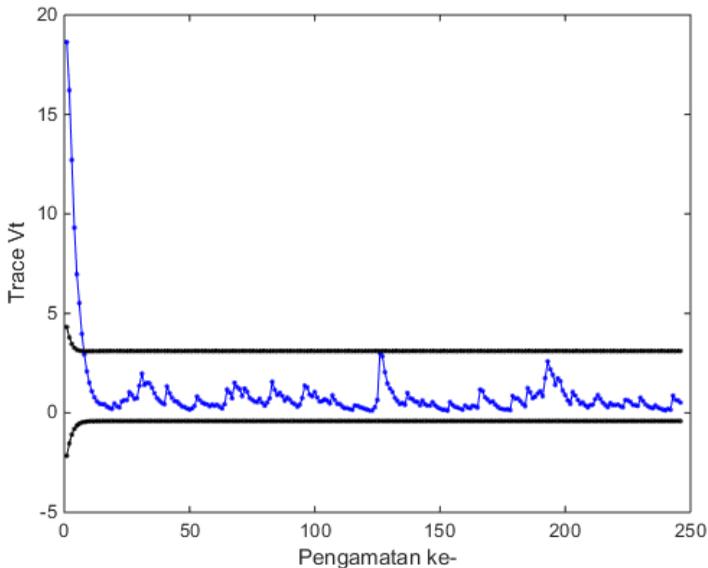


Gambar 4.4 Peta Kendali MEWMV dengan $\omega=0.3$ dan $\lambda=0.3$

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa dengan menggunakan pembobot ω dengan nilai 0.3 dan λ dengan nilai 0.3 didapatkan nilai L sebesar 3.6602. Diketahui dari plot $\text{tr}(V_n)$ yang dihasilkan bahwa nilai minimum batas kendali atas pada Gambar 4.4 sebesar 3.95 dan nilai maksimum batas kendali bawah -0.49 atau dianggap 0 sebagai nilai positif terkecil. Pada Gambar 4.4 terdapat pengamatan yang *out of control* sebanyak 8 karena proses dalam keadaan *burn in period* hingga observasi ke-8, di mana setelahnya tidak terdapat pengamatan yang *out of control*, sehingga dapat disimpulkan dari Gambar 4.4 bahwa variabilitas proses dengan menggunakan nilai pembobot sebesar $\omega=0.3$, $\lambda=0.3$, dan nilai L sebesar 3.6602 telah terkendali secara statistik. Untuk plot $\text{tr}(V_n)$ dengan nilai pembobot yang lain dapat dilihat pada Lampiran G.

Jika dibandingkan dengan plot $\text{tr}(V_n)$ pada Gambar 4.2 dan 4.3, dapat dilihat bahwa pengamatan yang *out of control* semakin sedikit. Hal ini dikarenakan bahwa pengamatan *out of control* dipengaruhi

oleh nilai pembobot untuk ω , sehingga semakin besar nilai ω akan menghasilkan pengamatan yang *out of control* semakin sedikit. Setelah mencoba dengan menggunakan pembobot untuk nilai yang sama bagi ω dan λ , selanjutnya dibuat plot $\text{tr}(V_n)$ dengan menggunakan nilai pembobot yang berbeda yaitu $\omega=0.3$ dan $\lambda=0.4$ pada Gambar 4.5 sebagai berikut.



Gambar 4.5 Peta Kendali MEWMV dengan $\omega=0.3$ dan $\lambda=0.4$

Berdasarkan Gambar 4.5, dengan menggunakan nilai pembobot $\omega=0.3$ dan $\lambda=0.4$, serta nilai L sebesar 3.885 didapatkan plot $\text{tr}(V_n)$ dengan nilai minimum batas kendali atas sebesar 3.11 dan nilai maksimum batas kendali bawah sebesar -0.41 atau dianggap 0 sebagai nilai positif terkecil. Pada pembobotan dengan menggunakan nilai $\omega=0.3$ dan $\lambda=0.4$, diketahui bahwa plot $\text{tr}(V_n)$ berada pada keadaan *burn in period* hingga observasi ke-7, dengan jumlah pengamatan *out of control* sebanyak 7. Namun, setelahnya tidak terdapat pengamatan yang berada di luar batas kendali yang artinya variabilitas proses pada

pembobotan yang diberikan untuk Gambar 4.5 telah terkendali secara statistik.

Dalam menentukan pembobot yang optimum, dapat dilihat dari jumlah pengamatan *out of control* yang paling minimum. Namun, cara yang lebih baik untuk menentukan pembobot adalah dengan menghitung selisih yang paling minimum dari nilai $|max\ tr(V_n) - \text{Batas kendali atas}|$ yang merupakan nilai *error* karena semakin kecil selisihnya, maka probabilitas suatu pengamatan jatuh diluar batas kendali tanpa lamdanya *assignable cause* akan lebih kecil. Selain itu juga dapat dilakukan dengan menggunakan nilai batas kendali yang lebih sempit. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.5

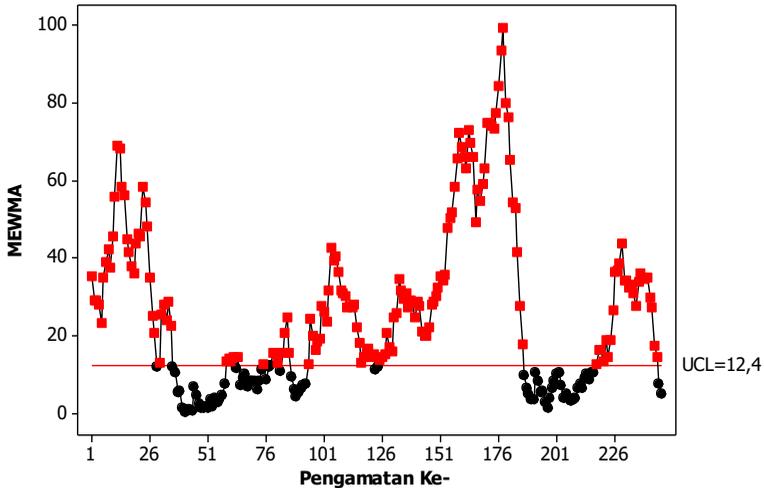
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan MEWMV Untuk Nilai $|max\ Tr(TN)-BKA|$

ω	λ	L	$max\ Tr(VN)$	BKA	BKB	$ BKA-BKB $	$ max\ Tr(TN)-BKA $	<i>out of control</i>
0.1	0.1	2.79	41.93346	3.91	1.21	2.7	38.02346	95
0.1	0.2	2.7939	33.13261	3.27	0.99	2.28	29.86261	104
0.1	0.3	2.7949	25.36715	2.67	0.79	1.88	22.69715	116
0.1	0.4	2.7988	18.63709	2.09	0.61	1.48	16.54709	119
0.2	0.1	3.3105	41.93346	4.88	0.24	4.64	37.05346	21
0.2	0.2	3.3086	33.13261	4.09	0.18	3.91	29.04261	14
0.2	0.3	3.3164	25.36715	3.34	0.12	3.22	22.02715	12
0.2	0.4	3.3213	18.63709	2.62	0.08	2.54	16.01709	11
0.3	0.1	3.6484	41.93346	5.77	-0.66	6.43	36.16346	17
0.3	0.2	3.6523	33.13261	4.84	-0.57	5.41	28.29261	11
0.3	0.3	3.6602	25.36715	3.95	-0.49	4.44	21.41715	8
0.3	0.4	3.6699	18.63709	3.11	-0.41	3.52	15.52709	7
0.4	0.1	3.8984	41.93346	6.64	-1.52	8.16	35.29346	17
0.4	0.2	3.9063	33.13261	5.57	-1.3	6.87	27.56261	10
0.4	0.3	3.9121	25.36715	4.54	-1.08	5.62	20.82715	7
0.4	0.4	3.9219	18.63709	3.58	-0.88	4.46	15.05709	7

Tabel 4.5 menunjukkan beberapa kombinasi nilai pembobot dalam membuat peta kendali MEWMV. Dilihat dari jumlah pengamatan yang *out of control*, jumlah terkecil adalah dengan menggunakan pembobot ω sebesar 0.4, serta λ sebesar 0.3 dan 0.4, selanjutnya diikuti oleh pembobot dengan ω sebesar 0.3 dan λ sebesar 0.4 dengan masing-masing bernilai 7,7, dan 7. Selain dengan menggunakan jumlah pengamatan yang *out of control* terkecil, dilihat pula dari nilai selisih $|\max \text{tr}(V_n) - \text{BKA}|$ terkecil yaitu berada pada pembobot ω bernilai 0.3 dan 0.4, serta λ dengan nilai 0.4, di mana nilai selisih $|\max \text{tr}(V_n) - \text{BKA}|$ keduanya masing-masing bernilai 15.53 dan 15.06. Metode yang ketiga yaitu dengan menggunakan selisih minimum antara batas kendali atas dan bawah, karena semakin sempit selisih batas kendali maka akan menghasilkan peta kendali yang semakin sensitif dalam mendeteksi pengamatan *out of control*. Sehingga pada penelitian ini, dengan mempertimbangkan ketiganya, pembobot dengan nilai $\omega = 0.3$ dan $\lambda = 0.4$ merupakan pembobot yang optimum. Untuk melihat tabel perhitungan menggunakan pembobot pada peta kendali MEWMV dapat dilihat lebih detil pada Lampiran G.

4.5 Pengendalian Kualitas Pada *Mean* Proses Pengolahan Air

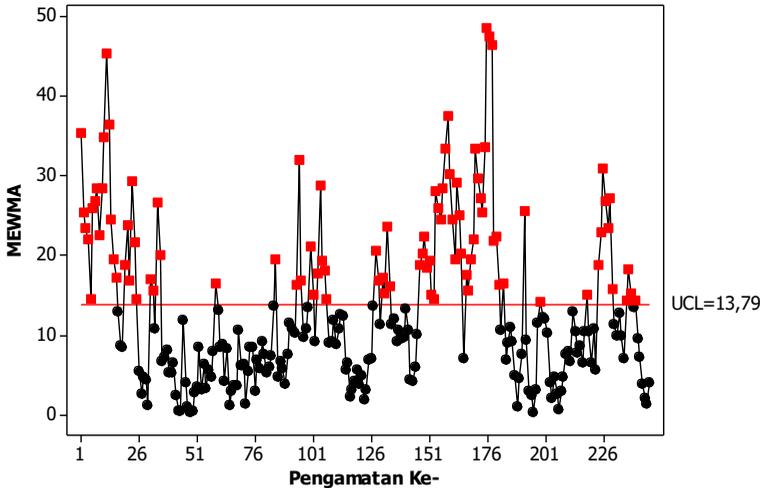
Setelah melakukan pengendalian kualitas terhadap variabilitas proses kualitas air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya, penelitian dilanjutkan dengan pengendalian kualitas *mean* dengan menggunakan peta kendali MEWMA, di mana plot menggunakan nilai pembobot yang telah ditentukan sebelumnya, yaitu 0.1 hingga 0.9. Titik pengamatan biasa disimbolkan dengan T_i^2 yang didapatkan dari Persamaan (2.25). Pembobot disimbolkan dengan λ , dimana nilai pembobot yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,1 hingga 0,9 dengan jarak antar pembobot sebesar 0,1. Karena belum pernah dilakukan pengendalian kualitas dengan menggunakan peta kendali MEWMA, sehingga sebagai langkah awal pemilihan nilai pembobot dilakukan dengan nilai 0.1 hingga 0.9. Untuk pembobotan pertama dengan nilai λ disajikan pada Gambar 4.6 sebagai berikut.



Gambar 4.6 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda=0.1$

Titik pengamatan yang didapatkan pada plot merupakan nilai T_i^2 yang didapatkan dari persamaan (2.25). Pada Gambar 4.6, diketahui bahwa terdapat titik T_i^2 tertinggi dengan nilai sebesar 99.3 yaitu pada pengamatan ke-78. Pada peta kendali ini terdapat titik pengamatan yang *out of control*. Nilai batas kendali hasil perhitungan pada Gambar 4.6 yaitu 12.40 sebagai batas kendali atas dan 0 sebagai batas kendali bawah. Berdasarkan Gambar 4.6, dapat disimpulkan bahwa *mean* proses kualitas air PDAM Surya Sembada Kota Surabaya belum terkendali secara statistik. Selain itu dapat disimpulkan juga bahwa proses belum stabil dilihat dari pengamatan yang naik turun secara fluktuatif.

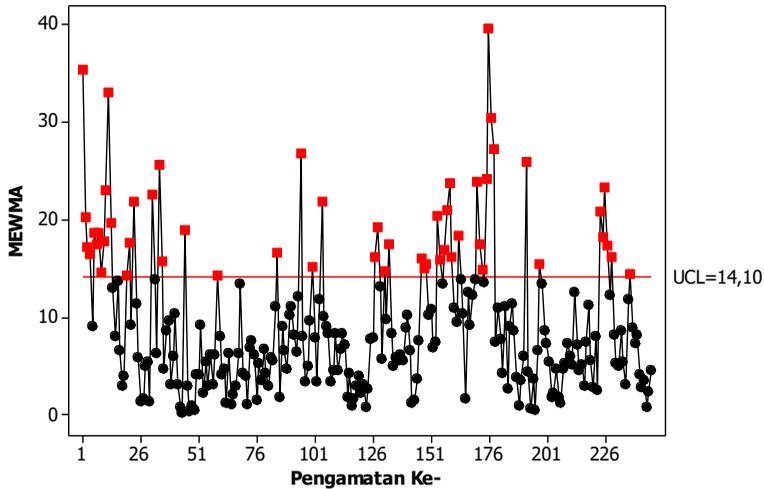
Penelitian dilanjutkan dengan menggunakan pembobot λ dengan nilai 0.3. Berdasarkan Gambar 4.6, diketahui bahwa terdapat cukup banyak pengamatan yang *out of control*. Peta kendali MEWMA yang dihasilkan dengan menggunakan pembobot $\lambda=0.3$ menghasilkan nilai batas kendali atas sebesar 13.79 dengan jumlah pengamatan T_i^2 yang *out of control* sebanyak 93 pengamatan. Untuk lebih jelas, peta kendali MEWMA dengan bobot $\lambda=0.3$ disajikan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.7 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda=0.3$

Berdasarkan Gambar 4.7, dapat disimpulkan bahwa *mean* proses kualitas air produksi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dengan peta kendali MEWMA menggunakan nilai pembobot $\lambda=0.3$ belum terkendali secara statistik. Hal ini dilihat dari banyaknya pengamatan yang *out of control*, serta pengamatan yang terlihat fluktuasi.

Jika dibandingkan dengan nilai pembobotan sebelumnya, peta kendali MEWMA dengan pembobot $\lambda=0.3$ memiliki daerah batas kualitas yang lebih lebar. Selain itu, jika dilihat dari jumlah pengamatan yang *out of control* yang lebih sedikit dari sebelumnya. Kemudian penelitian dilanjutkan dengan menggunakan $\lambda=0.5$ yang dapat dilihat pada Gambar 4.7. Diketahui bahwa dengan menggunakan pembobot $\lambda=0.5$ terdapat 54 pengamatan yang *out of control* dengan nilai batas kendali atas sebesar 14.10. Titik pengamatan T_i^2 yang maksimum berada pada pengamatan ke-176 dengan nilai 39.57. Untuk lebih jelas, peta kendali MEWMA dengan pembobot $\lambda=0.5$ dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.8 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda=0.5$

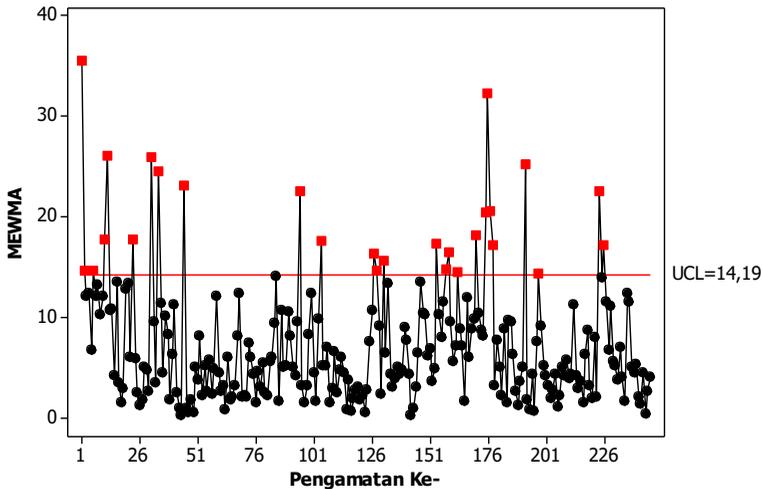
Jika dibandingkan dengan kedua penelitian sebelumnya peta kendali MEWMA dengan pembobot $\lambda=0.5$ memiliki batas kendali yang semakin lebar dan pengamatan *out of control* yang semakin sedikit. Ketika peta kendali MEWMA belum terkendali secara statistika dilihat dari jumlah pengamatan yang *out of control*, serta bentuk plot yang naik turun secara fluktuatif. Untuk percobaan dengan menggunakan penelitian lainnya dapat dilihat pada Lampiran I.

Untuk menggunakan pembobot yang paling optimal dapat dilakukan dengan menghitung nilai pengamatan yang *out of control*. Selain itu, dapat pula ditentukan dengan menghitung selisih pengamatan tertinggi dengan batas kendali atas hasil dari perhitungan. Pembobot yang optimum merupakan pembobot dengan nilai selisih terkecil. Untuk percobaan pada penelitian ini dapat dilihat lebih jelas pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perhitungan Bobot Maksimum Untuk Peta Kendali MEWMA

λ	Titik Maksimum	BKA	Selisih
0.1	99.3	12.4	86.9
0.2	63.56	13.39	50.17
0.3	48.48	13.79	34.69
0.4	43.52	13.99	29.53
0.5	39.57	14.1	25.47
0.6	35.89	14.16	21.73
0.7	35.42	14.19	21.23
0.8	35.42	14.21	21.21
0.9	19.44	14.21	21.21

Berdasarkan hasil evaluasi diagram kendali MEWMA pada Tabel 4.6, bahwa secara keseluruhan pengendalian *mean* proses pada data kualitas air produksi belum terkendali secara statistik. Diketahui juga bahwa semakin besar nilai pembobotan menghasilkan nilai batas kendali yang semakin lebar, sehingga berpengaruh pada jumlah pengamatan *out of control*. Pada penelitian ini digunakan nilai ARL atau (*averager run length*) sebesar 370 dengan menggunakan batas toleransi sebesar 0.27%. Jika dilihat dari nilai selisih titik maksimum dengan batas kendali atas, pembobot dengan nilai 0.7 memiliki nilai selisih yang cukup kecil dengan jumlah pengamatan yang *out of control* yang relatif sedikit dan jarak antara batas kendali atas dengan batas kendali bawah tidak terlalu jauh. Penjelasan mengenai penggunaan bobot $\lambda=0.7$ dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda=0.7$

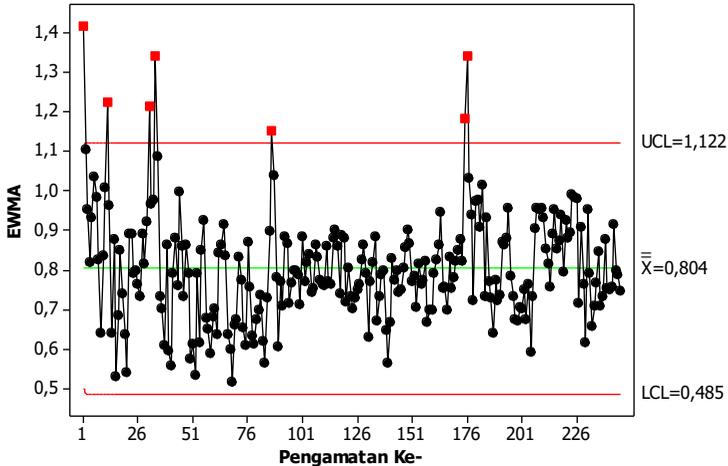
Gambar 4.9 menjelaskan bahwa terdapat 27 pengamatan *out of control* dengan selisih titik pengamatan maksimum dengan batas kendali atas sebesar 35.42. Dengan menggunakan pembobot $\lambda=0.7$ pengamatan belum terkendali secara statistik namun pembobot yang paling optimum dibandingkan dengan yang lainnya.

4.6 Deteksi Penyebab *Out of Control*

Berdasarkan peta kendali MEWMA yang telah dibuat dengan menggunakan bobot optimum $\lambda=0.7$ didapatkan hasil kualitas air produksi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya tidak terkendali secara statistik. Untuk itu, perlu dilakukan pengendalian secara individual dengan menggunakan peta kendali EWMA agar dapat diketahui penyebab terjadinya data *out of control* secara multivariat. Dengan menggunakan pembobot yang sama dengan peta kendali MEWMA maka dilakukan pengendalian kualitas individu pada variabel kekeruhan.

4.6.1 Pengendalian Kualitas Individu Variabel Kekерuhan

Pengukuran menggunakan peta kendali EWMA dilakukan pertama kali pada variabel kekерuhan. Untuk hasil dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 4.10.

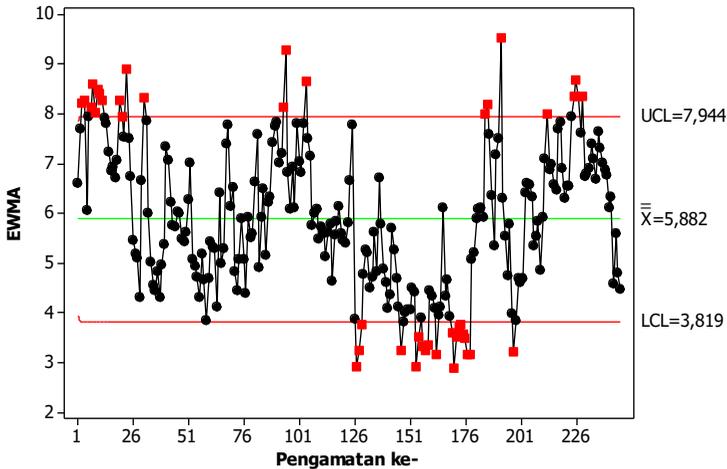


Gambar 4.10 Peta Kendali EWMA Variabel Kekерuhan

Berdasarkan Gambar 4.10, diketahui bahwa dari hasil perhitungan didapatkan nilai batas kendali atas sebesar 1.122 dan batas kendali bawah sebesar 0.485. Dengan menggunakan nilai pembobot yang sama dengan peta kendali MEWMA pada tahap sebelumnya yaitu $\lambda=0.7$, didapatkan hasil perhitungan *grand mean* sebesar 0.804 dimana terdapat 7 data yang *out of control*. Dapat disimpulkan bahwa peta kendali pada Gambar 4.10 untuk *mean* variabel kekерuhan tidak terkendali secara statistik.

4.6.2 Pengendalian Kualitas Individu Variabel KMnO_4

Selanjutnya, dilakukan pengendalian kualitas individu dengan menggunakan variabel KMnO_4 untuk mengetahui penyebab terjadinya data *out of control* pada peta kendali multivariat. Untuk penjelasan lebih lengkap dapat dilihat pada Gambar 4.11.



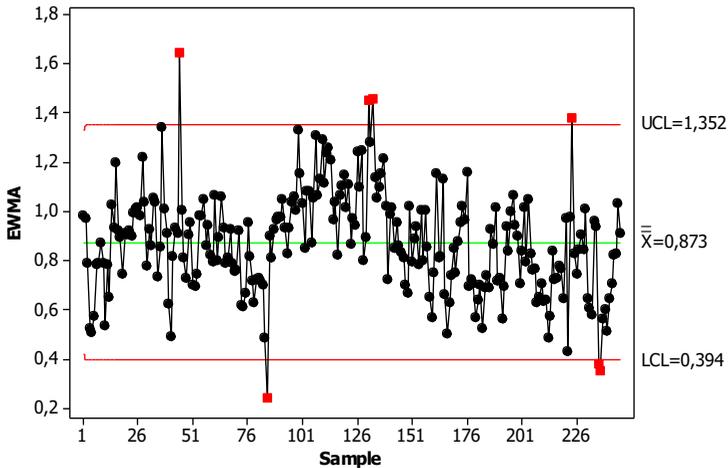
Gambar 4.11 Peta Kendali EWMA Variabel KMnO_4

Gambar 4.11 menjelaskan bahwa nilai batas kendali atas hasil perhitungan sebesar 7.944 dan batas kendali bawah sebesar 3.819. Didapatkan dari hasil perhitungan bahwa nilai *grand mean* sebesar 5.882 dimana data yang tergambar pada peta kendali EWMA memiliki cukup banyak pengamatan yang melebihi batas kendali atas dan lebih kecil dari batas kendali bawah. Peta kendali pada Gambar 4.11 menunjukkan terdapat 41 pengamatan yang *out of control*, sehingga dapat disimpulkan dari peta kendali EWMA yang dihasilkan pada Gambar 4.11 bahwa variabel KMnO_4 tidak terkendali secara statistik.

4.6.3 Pengendalian Kualitas Individu Variabel Sisa *Chlor*

Berdasarkan peta kendali EWMA yang dihasilkan dari Gambar 4.10 dan 4.11, variabel tidak terkendali secara statistik. Selanjutnya, dibuat peta kendali EWMA terhadap variabel Sisa *Chlor* yang dijelaskan melalui Gambar 4.12. Dapat dilihat bahwa terdapat 7 pengamatan *out of control* dengan nilai batas kendali atas hasil perhitungan sebesar 1.352, batas kendali bawah sebesar 0.394, serta nilai *grand mean* sebesar 0.873. Dapat disimpulkan dari Gambar 4.12

bahwa seperti variabel kekeruhan dan KMnO_4 bahwa variabel sisa *chlor* tidak terkendali secara statistik. Berikut hasil Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Peta Kendali EWMA Variabel Sisa *Chlor*

Berdasarkan ketiga peta kendali individu EWMA yang dibuat pada masing-masing variabel, diketahui bahwa seluruh variabel tidak terkendali secara statistik dilihat dari pengamatan yang *out of control*. Namun, meskipun seluruh variabel tidak terkendali, tetapi jika dilihat dari jumlah pengamatan yang *out of control*, variabel KMnO_4 merupakan penyebab utama pengamatan multivariat keluar dari batas kendali karena memiliki nilai pengamatan *out of control* paling besar.

4.7 Analisis Kapabilitas Proses Kualitas Air Produksi

Analisis Kapabilitas proses pada penelitian ini berguna untuk mengetahui secara keseluruhan kinerja dari proses yang dilakukan dalam pengolahan air PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Pada proses pengolahan air dikatakan kapabel ketika secara keseluruhan pengukuran dihasilkan telah berada dalam batas spesifikasi yang telah ditentukan. Indeks yang digunakan untuk mengukur kapabilitas proses dalam penelitian adalah C_p dan C_{pk} ketika data pengamatan telah terkendali secara statistik. Namun, jika pengamatan tidak terkendali secara statistik, indeks kapabilitas dihitung dengan menggunakan nilai

P_p dan P_{pk} . Pada penelitian ini karena *mean* proses belum terkendali secara statistik, sehingga digunakan indeks kapabilitas dengan menghitung nilai P_p dan P_{pk} . Untuk hasil perhitungan indeks kapabilitas dihitung secara univariat maupun multivariat. Bagi indeks dengan perhitungan univariat dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Perhitungan Analisis Kapabilitas Univariat

Variabel	P_p	P_{pk}
Kekeruhan	0.60	0.60
KMnO ₄	0.41	0.41
Sisa Chlor	0.61	0.61

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan pada Tabel 4.7, diketahui bahwa untuk variabel kekeruhan, KMnO₄, dan sisa *chlor* memiliki nilai P_p masing-masing sebesar 0.60, 0.41, dan 0.61, sedangkan untuk nilai P_{pk} masing-masing sebesar 0.60, 0.41, 0.61. Dari perhitungan tersebut, dapat disimpulkan bahwa keseluruhan nilai P_p dan P_{pk} baik untuk variabel kekeruhan, KMnO₄, maupun sisa *chlor* memiliki nilai lebih kecil dari 1, artinya bahwa proses belum kapabel dan kinerja proses belum baik.

Selanjutnya perhitungan secara multivariat dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.33) untuk indeks kapabilitas MP_p , dan (2.34) untuk indeks kapabilitas MP_{pk} . Pembobotan yang diberikan merupakan asumsi peneliti dengan mempertimbangkan hasil diskusi dengan pihak PDAM terkait kepentingan dari masing-masing variabel.

$$MP_p = (0.5 \times 0.60) + (0.3 \times 0.41) + (0.2 \times 0.61) = 0.545$$

$$MP_{pk} = (0.5 \times 0.60) + (0.3 \times 0.41) + (0.2 \times 0.61) = 0.545$$

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan pembobot sesuai dengan hasil diskusi, didapatkan indeks kapabilitas proses baik untuk nilai MP_p sebesar 0.545 dan MP_{pk} sebesar 0.545, hasilnya proses memiliki nilai indeks lebih kecil dari 1. Artinya, proses pengolahan air PDAM Surya Sembada Kota Surabaya belum kapabel dan kinerja proses belum baik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang dilakukan pada Bab IV, dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan pembobot optimum pada peta kendali MEWMV dengan $\omega=0.3$ dan $\lambda=0.4$ variansi dari kualitas air PDAM Surya Sembada Kota Surabaya sudah terkendali secara statistik, karena tidak terdapat titik penguasaan yang keluar dari batas kendali atas maupun bawah. Untuk *mean* proses dengan menggunakan pembobot optimum $\lambda=0.7$ pada peta kendali MEWMA, dapat disimpulkan bahwa *mean* proses belum terkendali secara statistik dengan penyebab utama yaitu variabel KMnO_4 .

Hasil perhitungan kapabilitas proses menunjukkan bahwa secara multivariat proses pengolahan air belum kapabel baik untuk variabel kekeruhan, KMnO_4 , maupun sisa chlor dengan nilai indeks kapabilitas kinerja proses atau MP_p MP_{pk} lebih kecil dari satu yaitu masing-masing 0.545 dan 0.545, Sehingga disimpulkan bahwa belum ada kecenderungan kinerja proses potensial kapabel pada ketiga variabel.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil perhitungan, maka dapat disarankan untuk perusahaan saat melakukan pengendalian kualitas *mean* dan variansi proses agar menggunakan pembobot pada peta kendali MEWMV $\omega=0.3$ dan $\lambda=0.4$, dimana sudah tidak terdapat pengamatan yang *out of control*, sedangkan pembobot optimal yang disarankan untuk diagram kendali MEWMA adalah $\lambda = 0,7$. Diduga terdapat autokorelasi pada pengamatan, sehingga disarankan bagi perusahaan untuk mengkaji ulang mengenai pengukuran sampel yang dilakukan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Anky, Alicia Mutiara. 2017. *Analisis Kapabilitas Proses Ex-Mixer Pada Produk Br 1 Sp Crumble Di Pt. Japfa Comfeed Indonesia, Tbk. Unit Buduran*. Tugas Akhir Jurusan Statistika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Permenkes RI Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010. Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Jakarta.
- Effendi, H. (2007). *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Gustami, E. (2011). *Alat-alat Perbaikan Kualitas*. Jakarta : Graha Ilmu.
- Heizer, J., & Render, B. (2008). *Manajemen Operasi*. New Jersey: Pearson education.
- Huwang, L., Arthur, & Chien-Wei. (2007). Monitoring Multivariate Process Variability for Individual Observations. *Journal of Quality Technology*, 39. pp .258-278.
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2007). *Applied Multivariate Statistics Sixth Edition*. London: Pearson.
- Khoo, M., & Quah, S. (2003). *Multivariate Control Chart For Process Dispersion Based on Individual Observation (VOL.15)*. University of Sains. Penang: Malaysia .
- Kuncoro, E. B., & Wiharto, A. F. (2009). *Ensiklopedia Populer: Ikan Air Laut*. Jakarta: Andi Publisher.
- Montgomery, D. C. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control*. New Jersey: John Wiley Sons.
- Novitasari, Devi. 2016. *Pengendalian Kualitas Produk Pakan Ternak Di Pt. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Gedangan*. Tugas Akhir Jurusan Statistika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- PDAM Kota Semarang. (2012, Maret 26). Dipetik September 27, 2017, dari PDAM Tirta Moedal Kota Semarang:

- <http://www.pdamkotasmg.co.id/produksi/proses-pengolahan.html>
- PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. (2012). *Profil perusahaan*. Dipetik September 19, 2017, dari PDAM Surya Sembada Surabaya: http://www.pdam-sby.go.id/page.php?get=jumlah_pelanggan_tahunan&bhs=1
- Raissi, S. (2009). Multivariate process capability indices on the presence of priority for quality characteristics. *Journal of Industrial Engineering International*, Vol. 5, No. 9, 2736.
- Razali, N. M., & Wah, Y. B. (2011). Power Comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, and Anderson-Darling Test. *Journal of Statistical Modeling and Analysis Vol.2 No.1*, 21-23.
- Rencher, C. (2012). *Methods of Multivariate Analysis third edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Reynolds, & Richard. (1996). *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering Second Edition*. Boston: PWS Publishing Company.
- S. Korkmaz, D. Goksuluk, and G. Zararsiz. *MVN: Multivariate Normality Tests*, 2014. URL <http://www.biosoft.hacettepe.edu.tr/MVN/>. R package version 3.7. [p151]
- Sawiyani, M. F. (2016). *Analisis Pengendalian Kualitas Air Bersih Pusdiklat Migas Cepu, Jawa Tengah Dengan Grafik Kendali Multivariat T- Hotteling*. Sarjana Thesis, Universitas Brawijaya.
- Sutrisno, T. (2010). *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Tague, N. R. (2010). *The Quality Toolbox*. Wincosin: ASQ Quality Press.

LAMPIRAN

Lampiran A. Data Kualitas Air Produksi

No	Kekeruhan	KMnO ₄	Sisa Chlor
1	1.68	6.92	1.03
2	0.97	8.15	0.97
3	0.89	8.46	0.71
4	0.76	8.28	0.41
5	0.98	5.09	0.5
6	1.08	8.74	0.6
7	0.96	8.22	0.87
8	0.76	8.82	0.79
9	0.56	7.77	0.91
10	0.92	8.68	0.75
11	1.08	8.38	0.43
12	1.32	8.23	0.89
13	0.85	7.75	0.59
14	0.5	7.75	1.19
15	0.98	6.98	0.89
16	0.38	6.67	1.31
17	0.75	6.98	0.8
18	0.92	6.61	0.88
19	0.69	7.23	0.68
20	0.59	8.77	0.98
21	0.5	7.82	0.9
22	1.04	7.35	0.93
23	0.89	9.49	0.89
:	:	:	:
143	0.73	4.31	0.86

Lampiran B. Eksplorasi Data

<i>Variable</i>	<i>Mean</i>	<i>Variance</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Skewness</i>	<i>Kurtosis</i>
Kekeruhan	0.8037	0.0314	0.3800	1.6800	1.04	3.35
KMnO4	5.882	2.770	2.180	10.410	0.12	-0.65
Sisa Chlor	0.8729	0.0688	0.1400	19.600	0.38	1.19

Lampiran C. Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat

```

> data=read.csv('C:/Users/Nikita Dwie
  S/Documents/SEMESTER 7/TA/hasil hitung dan
  data/data penelitian tanpa tanggal.csv', header=F,
  sep=',';)
> head(data)
> a=as.matrix(data)
> head(a)
> mardiaTest(a)

```

Output:

Mardia's Multivariate Normality Test

```

-----
data : a
g1p      : 1.414696
chi.skew : 58.00254
p.value.skew : 8.635242e-09

```

```

g2p      : 18.51778
z.kurtosis : 5.036701
p.value.kurt : 4.736241e-07

```

```

chi.small.skew : 59.0686
p.value.small : 5.435865e-09

```

```

Result      : Data are not multivariate normal.
-----

```

Lampiran D. Pengujian Dependensi antar Variabel
KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.490
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square df Sig.	8.611 3 .035

Lampiran E. Tabel Nilai L

Lampiran E1. Tabel Nilai L dengan p=2

ω	λ	L	ω	λ	L	ω	λ	L
0.1	0.1	2.8725	0.4	0.1	4.1625	0.7	0.1	4.7281
	0.2	2.8738		0.2	4.1675		0.2	4.7313
	0.3	2.8800		0.3	4.1788		0.3	4.7288
	0.4	2.8838		0.4	4.1875		0.4	4.7325
	0.5	2.8900		0.5	4.1900		0.5	4.7350
	0.6	2.8975		0.6	4.2050		0.6	4.7450
	0.7	2.9038		0.7	4.2088		0.7	4.7250
	0.8	2.9138		0.8	4.2150		0.8	4.7225
	0.9	2.9238		0.9	4.2250		0.9	4.7100
0.2	0.1	3.4725	0.5	0.1	4.4000	0.8	0.1	4.8313
	0.2	3.4775		0.2	4.4000		0.2	4.8281
	0.3	3.4850		0.3	4.4050		0.3	4.8313
	0.4	3.4975		0.4	4.4150		0.4	4.8313
	0.5	3.5075		0.5	4.4225		0.5	4.8359
	0.6	3.5175		0.6	4.4225		0.6	4.8250
	0.7	3.5275		0.7	4.4300		0.7	4.8188
	0.8	3.5350		0.8	4.4350		0.8	4.8063
	0.9	3.5394		0.9	4.4350		0.9	4.8004
0.3	0.1	3.8675	0.6	0.1	4.5875	0.9	0.1	4.8953
	0.2	3.8725		0.2	4.5925		0.2	4.8900
	0.3	3.8800		0.3	4.5875		0.3	4.8900
	0.4	3.8850		0.4	4.5938		0.4	4.8900
	0.5	3.9000		0.5	4.6013		0.5	4.8950
	0.6	3.9100		0.6	4.6000		0.6	4.8813
	0.7	3.9213		0.7	4.5975		0.7	4.8725
	0.8	3.9325		0.8	4.6000		0.8	4.8638
	0.9	3.9413		0.9	4.5975		0.9	4.8475

Lampiran E2. 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 F. Program Peta Kendali MEWMV

```

omega=0.3;
lamda=0.4;
p=3;
L=3.885;
[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;
        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
    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));

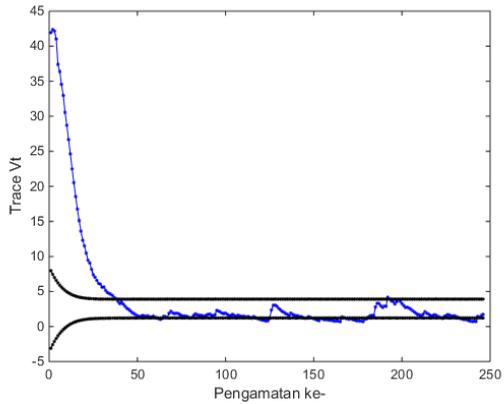
```

Lampiran F. Program Peta Kendali MEWMV (Lanjutan)

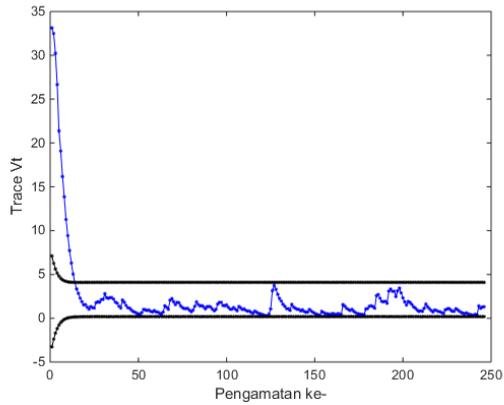
```

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);
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');
end
hasil1=ba';
hasil2=bb';
hasil3=trv';
hasil=[hasil1 hasil2 hasil3];
xlswrite('C:\Users\Nikita Dwie
S\Documents\SEMESTER 7\TA\MEWMV FASE
II\april-desember\0304(3.885).xlsx',hasil)

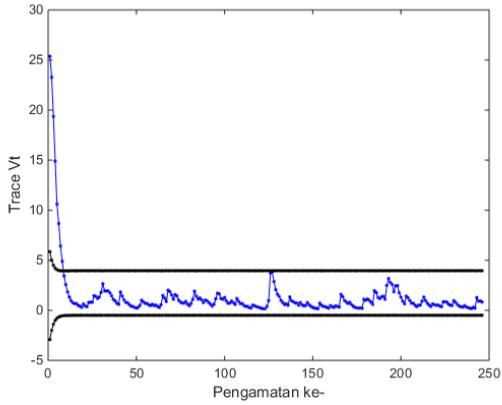
```

Lampiran G. Peta Kendali MEWMV**Lampiran G1. Peta Kendali MEWMV dengan pembobot sama**

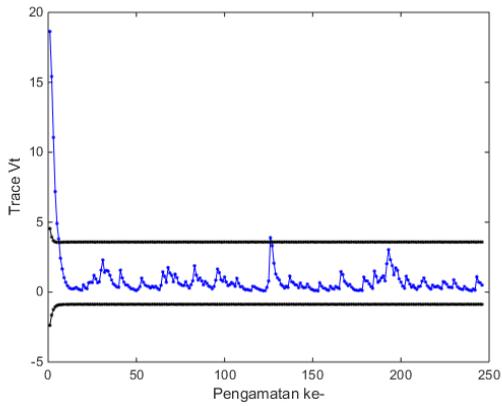
$$\omega = 0.1 \text{ dan } \lambda = 0.1 \text{ L}=2.7900$$



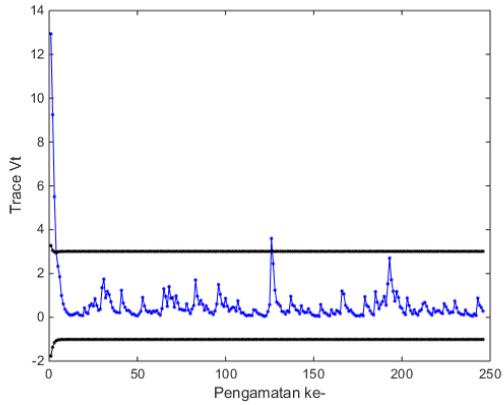
$$\omega = 0.2 \text{ dan } \lambda = 0.2 \text{ L}=3.3086$$



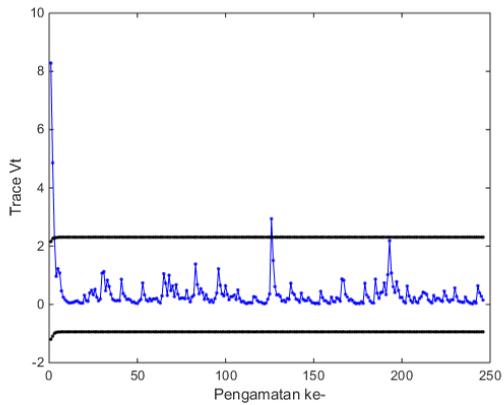
$$\omega = 0.3 \text{ dan } \lambda = 0.3 \text{ L}=3.6602$$



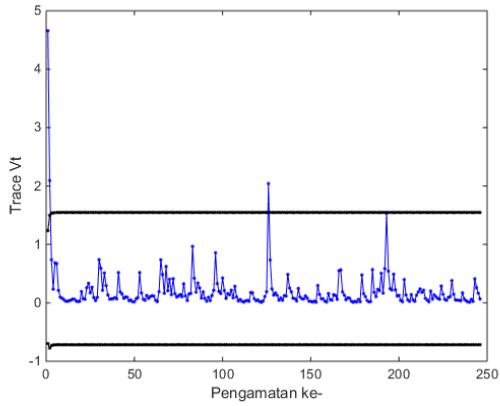
$$\omega = 0.4 \text{ dan } \lambda = 0.4 \text{ L}=3.9219$$



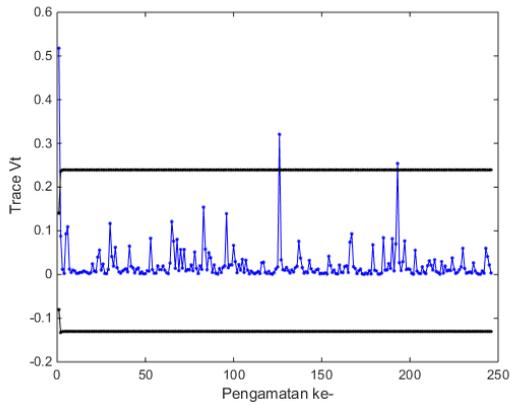
$$\omega = 0.5 \text{ dan } \lambda = 0.5 \text{ L}=4.1191$$



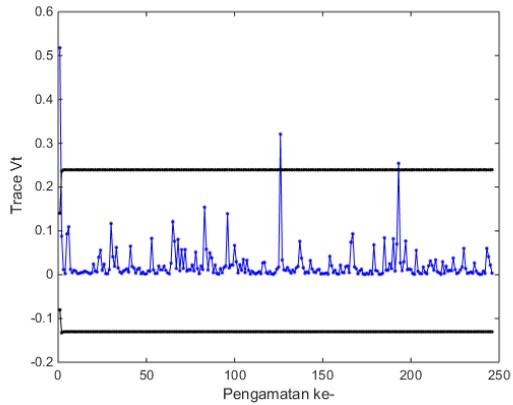
$$\omega = 0.6 \text{ dan } \lambda = 0.6 \text{ L}=4.2715$$



$$\omega = 0.7 \text{ dan } \lambda = 0.7 \text{ L}=4.3836$$

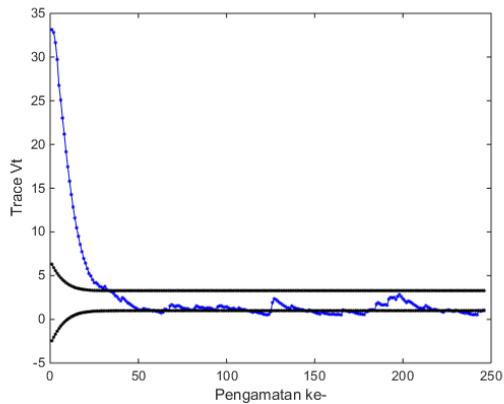


$$\omega = 0.8 \text{ dan } \lambda = 0.8 \text{ L}=4.4590$$

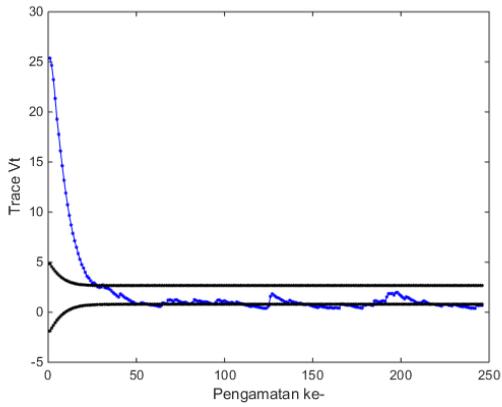


$$\omega = 0.9 \text{ dan } \lambda = 0.9 \quad L=4.4984$$

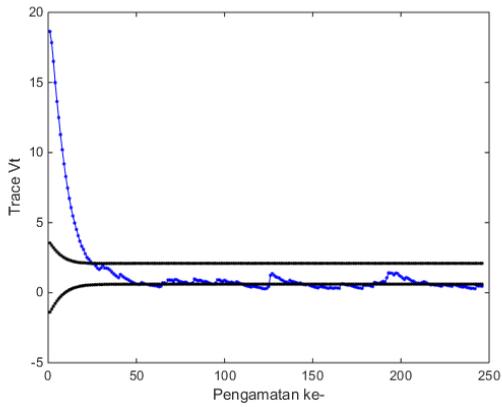
Lampiran G2. Peta Kendali MEWMV dengan pembobot berbeda



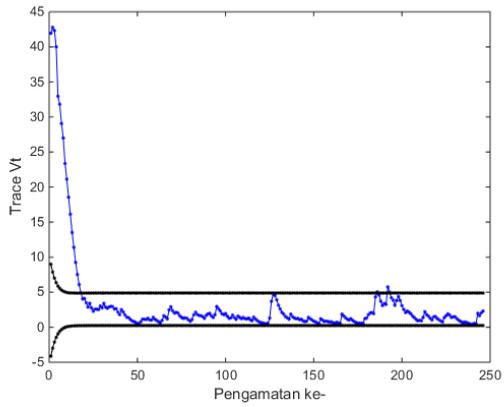
$$\omega = 0.1 \text{ dan } \lambda = 0.2 \quad L=2.7939$$



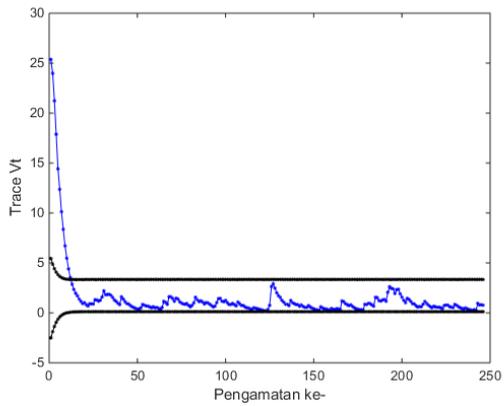
$$\omega = 0.1 \text{ dan } \lambda = 0.3 \text{ L}=2.7949$$



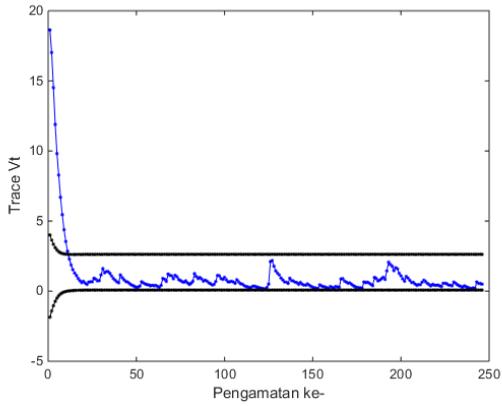
$$\omega = 0.1 \text{ dan } \lambda = 0.4 \text{ L}=2.7988$$



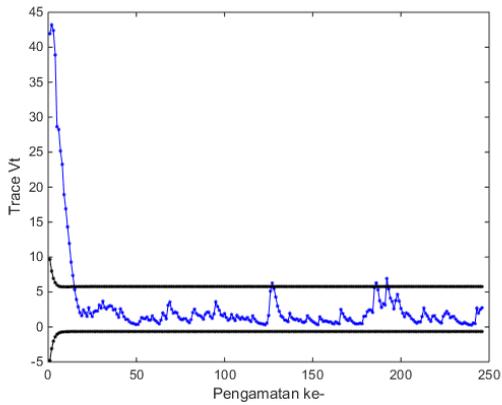
$$\omega = 0.2 \text{ dan } \lambda = 0.1 \quad L=3.3105$$



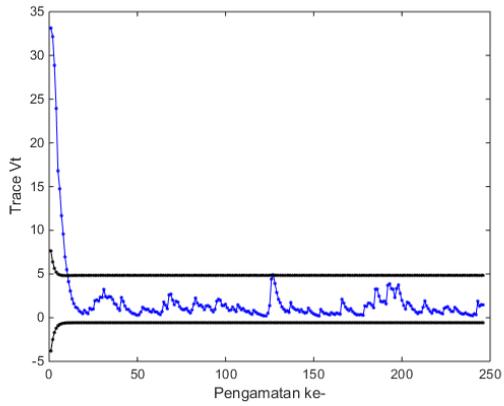
$$\omega = 0.2 \text{ dan } \lambda = 0.3 \quad L=3.3164$$



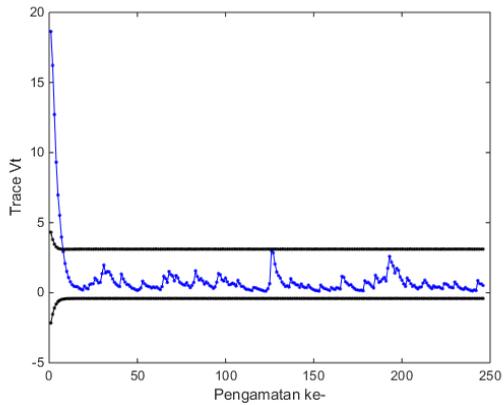
$$\omega = 0.2 \text{ dan } \lambda = 0.4 \text{ L}=3.3213$$



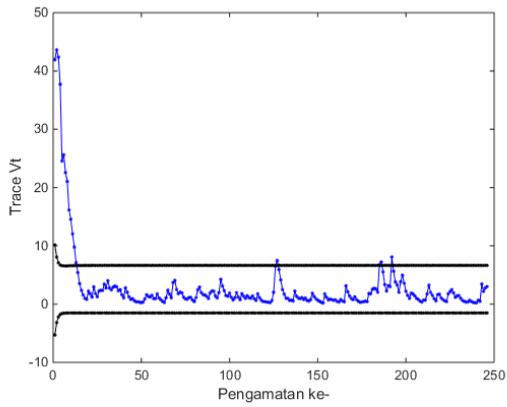
$$\omega = 0.3 \text{ dan } \lambda = 0.1 \text{ L}=3.6484$$



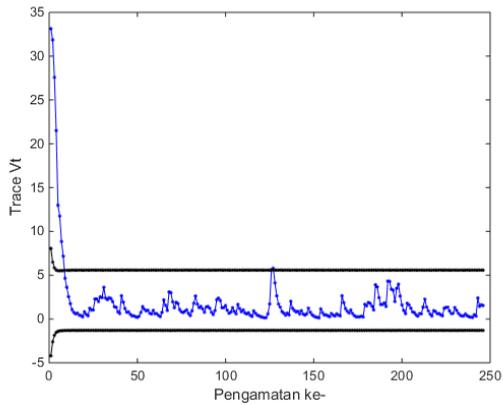
$$\omega = 0.3 \text{ dan } \lambda = 0.2 \quad L=3.6523$$



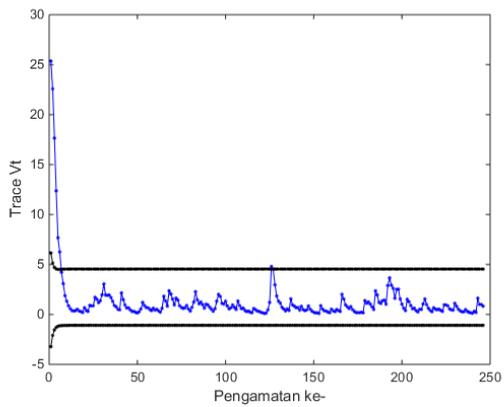
$$\omega = 0.3 \text{ dan } \lambda = 0.4 \quad L=3.6699$$



$$\omega = 0.4 \text{ dan } \lambda = 0.1 \text{ L}=3.8984$$



$$\omega = 0.4 \text{ dan } \lambda = 0.2 \text{ L}=3.9063$$



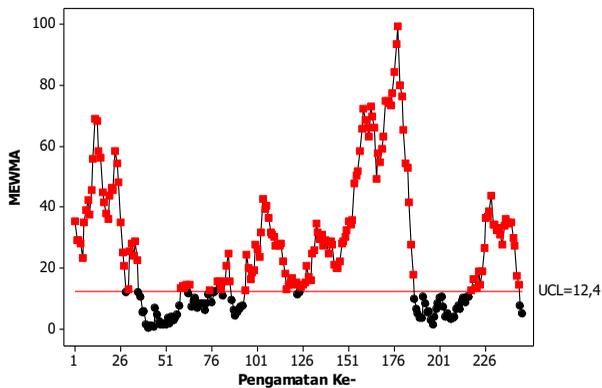
$$\omega = 0.4 \text{ dan } \lambda = 0.3 \quad L=3.9121$$

Lampiran H. Tabel Hasil Pembobotan Untuk Peta Kendali MEWMV

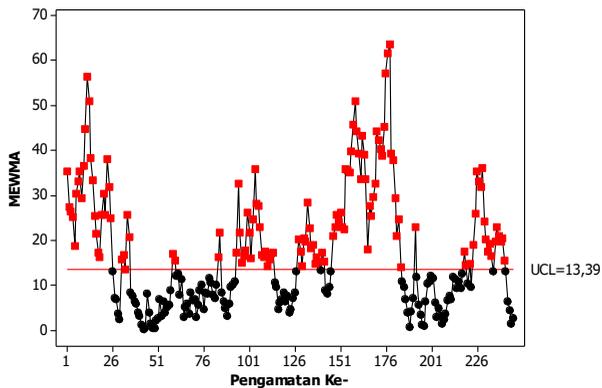
ω	λ	L	\max Tr(VN)	BKA	BKB	BKA - BKB	$ \max$ Tr(TN)- BKA	<i>out of control</i>
0.1	0.1	2.79	41.93346	3.91	1.21	2.7	38.02346	95
0.1	0.2	2.7939	33.13261	3.27	0.99	2.28	29.86261	104
0.1	0.3	2.7949	25.36715	2.67	0.79	1.88	22.69715	116
0.1	0.4	2.7988	18.63709	2.09	0.61	1.48	16.54709	119
0.2	0.1	3.3105	41.93346	4.88	0.24	4.64	37.05346	21
0.2	0.2	3.3086	33.13261	4.09	0.18	3.91	29.04261	14
0.2	0.3	3.3164	25.36715	3.34	0.12	3.22	22.02715	12
0.2	0.4	3.3213	18.63709	2.62	0.08	2.54	16.01709	11
0.3	0.1	3.6484	41.93346	5.77	-0.66	6.43	36.16346	17
0.3	0.2	3.6523	33.13261	4.84	-0.57	5.41	28.29261	11
0.3	0.3	3.6602	25.36715	3.95	-0.49	4.44	21.41715	8
0.3	0.4	3.6699	18.63709	3.11	-0.41	3.52	15.52709	7
0.4	0.1	3.8984	41.93346	6.64	-1.52	8.16	35.29346	17
0.4	0.2	3.9063	33.13261	5.57	-1.3	6.87	27.56261	10
0.4	0.3	3.9121	25.36715	4.54	-1.08	5.62	20.82715	7
0.4	0.4	3.9219	18.63709	3.58	-0.88	4.46	15.05709	7

Lampiran I. Peta Kendali MEWMA untuk Nilai Pembobot λ sebesar 0.1-0.9

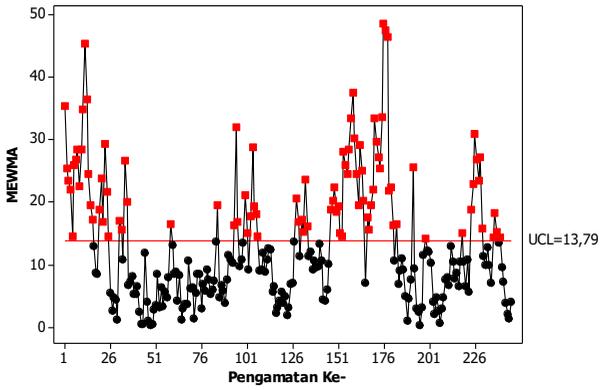
Lampiran II. Peta Kendali MEWMA



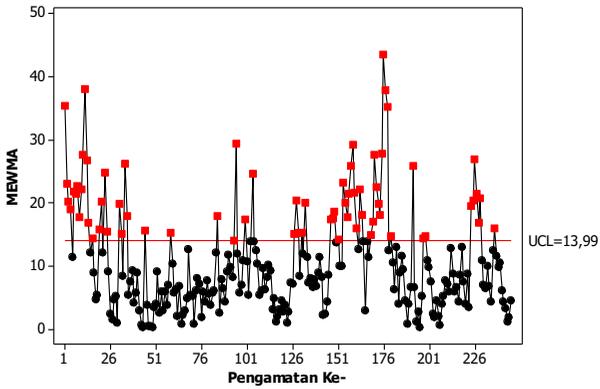
$$\lambda = 0.1$$



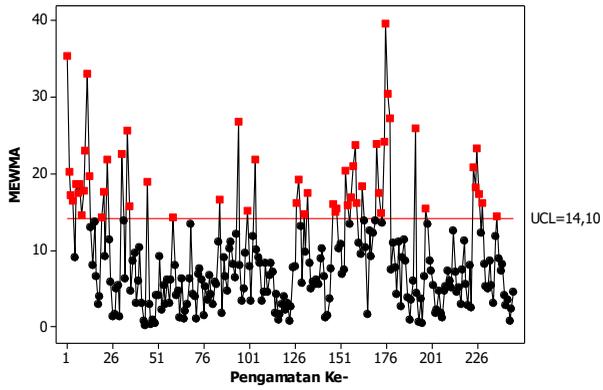
$$\lambda = 0.2$$



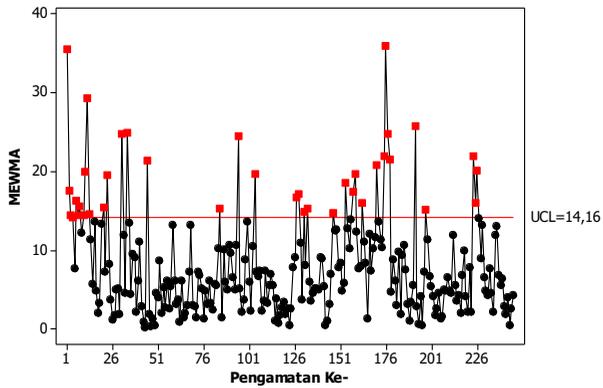
$$\lambda = 0.3$$



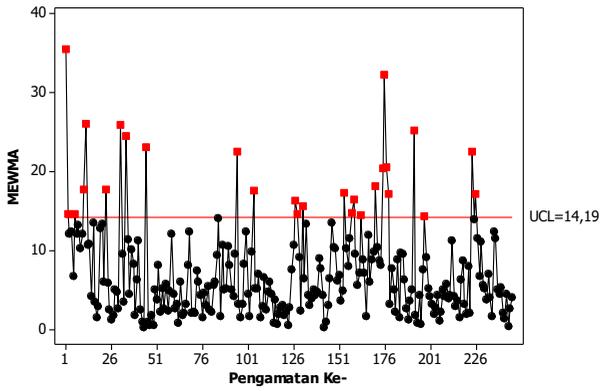
$$\lambda = 0.4$$



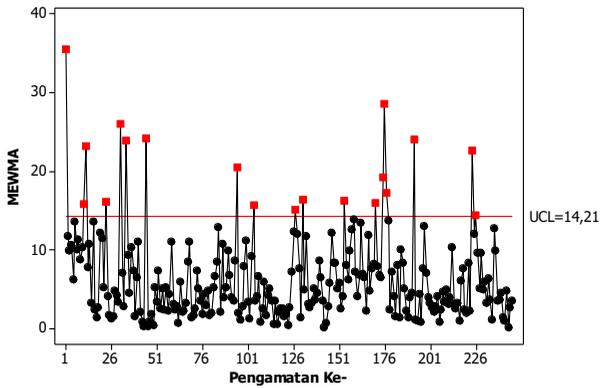
$$\lambda = 0.5$$



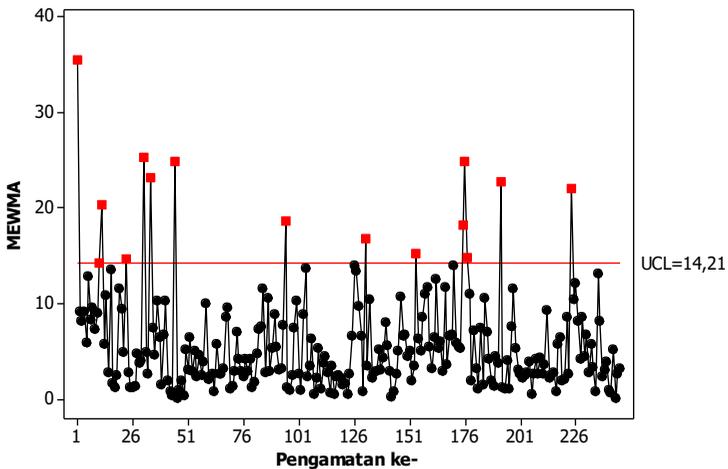
$$\lambda = 0.6$$



$$\lambda = 0.7$$

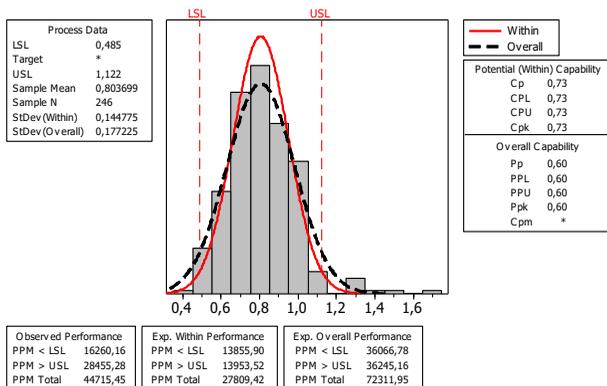


$$\lambda = 0.8$$

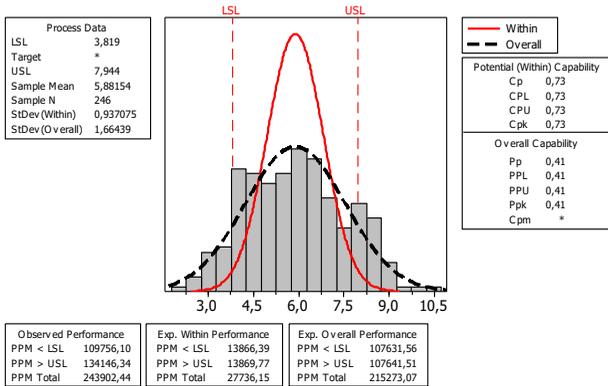


$$\lambda = 0.9$$

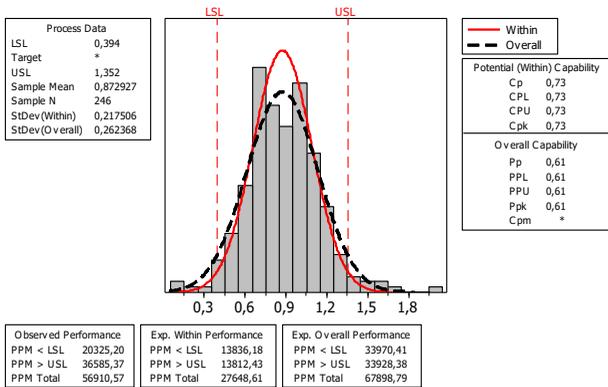
Lampiran J. Analisis Kapabilitas Variabel Kekerasan



Lampiran K. Analisis Kapabilitas Variabel $KMnO_4$



Lampiran L. Analisis Kapabilitas Variabel Sisa Chlor



Lampiran N. Surat Izin Publikasi**SURAT KETERANGAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :

1. Mahasiswa Statistika FMKSD-ITS dengan identitas berikut :

Nama : Nikita Dwie Septiana

NRP : 06211440000110

Telah mengambil data di instansi/perusahaan kami :

Nama Instansi : PDAM Surya Sembada Kota Surabaya

Divisi/ bagian : Pengendalian Proses

sejak tanggal 11 Oktober 2017 sampai dengan 25 Desember 2017 untuk keperluan Tugas Akhir/ Thesis Semester Gasal/Genap*2017/2018.

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.

Surabaya, 3 Januari 2018
Manajer Pengendalian Proses



Nur Efi Meisaroch, S.Si
NIP 1.98.01201

*(coret yang tidak perlu)

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

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

Nama : Nikita Dwie Septiana

NRP : 06211440000110

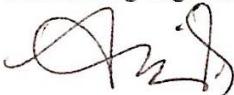
menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir/ Thesis ini merupakan data sekunder yang diambil dari penelitian / buku/ Tugas Akhir/ Thesis/ publikasi lainnya yaitu:

Sumber : Divisi Pengendalian Proses

Keterangan : Pengukuran Harian Kualitas Air Produksi

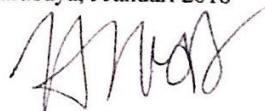
Surat Pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat pemalsuan data maka saya siap menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku.

Mengetahui
Pembimbing Tugas Akhir



(Diaz Fitra Aksioma, M.Si)
NIP. 19610311 198701 2 001

Surabaya, 3 Januari 2018



(Nikita Dwie Septiana)
NRP. 06211440000110

*(coret yang tidak perlu)

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Nikita Dwie Septiana lahir di Tangerang, 1 September 1996. Penulis adalah anak kedua dari tiga bersaudara oleh pasangan Suami Istri Imam Gunawan dan Kusumastuti Suryaningrum. Pendidikan yang telah diselesaikan adalah pendidikan di TK Islam Al-Azhar BSD, SD Islam Al-Azhar BSD (2002-2008), SMP Islam Al-Azhar BSD (2008-20011), dan SMA Negeri 2 Kota Tangerang Selatan (2011-2014).

Setelah lulus dari SMA penulis diterima di Jurusan Statistika ITS dengan NRP 1314100110/ 06211440000110. Organisasi kampus yang pernah diikuti yaitu sebagai Staff *Student Resource Development* HIMASTA-ITS periode 2015-2016 dan sebagai Kabiro Kaderisasi dan Pelatihan *Student Resource Development* HIMASTA-ITS periode 2016-2017. Selain itu, penulis juga aktif mengikuti kepanitiaan seperti Pekan Raya Statistika yang diadakan oleh Departemen Statistika Institut Teknologi Sepuluh Nopember sebagai penanggung jawab lomba *Statistics Competition* untuk region Bogor, serta berperan aktif sebagai salah satu pengajar di kampung binaan dalam kegiatan SISI (*Statistics in Social Improvement*). Pengalaman tersebut memberikan pelajaran bagi penulis untuk mengetahui bagaimana kondisi dunia pekerjaan yang sebenarnya baik di perusahaan maupun di bidang akademik. Segala kritik dan saran akan diterima oleh penulis untuk perbaikan kedepannya. Jika ada keperluan atau ingin berdiskusi dengan penulis dapat dihubungi melalui email nikita.septiana@gmail.com.