



TUGAS AKHIR - KS184822

**PENERAPAN DIAGRAM KONTROL KOMBINASI
MEWMA PADA PENGENDALIAN KUALITAS AIR
PRODUKSI DI PDAM SURYA SEMBADA KOTA
SURABAYA**

**BINA ASTRI SITORESMI
NRP 062115 4000 0018**

**Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Mashuri, M.T.**

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



TUGAS AKHIR - KS184822

**PENERAPAN DIAGRAM KONTROL KOMBINASI
MEWMA PADA PENGENDALIAN KUALITAS AIR
PRODUKSI DI PDAM SURYA SEMBADA KOTA
SURABAYA**

**BINA ASTRI SITORESMI
NRP 062115 4000 0018**

**Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Mashuri, M.T.**

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



FINAL PROJECT - KS184822

**IMPLEMENTATION OF MEWMA COMBINATION
CONTROL CHARTS ON CONTROL OF
PRODUCTION WATER QUALITY IN PDAM
SURYA SEMBADA KOTA SURABAYA**

**BINA ASTRI SITORESMI
SN 062115 4000 0018**

**Supervisor
Dr. Muhammad Mashuri, M.T.**

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

—LEMBAR PENGESAHAN

**PENERAPAN DIAGRAM KONTROL KOMBINASI
MEWMA PADA PENGENDALIAN KUALITAS AIR
PRODUKSI DI PDAM SURYA SEMBADA KOTA
SURABAYA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Statistika
pada

Program Studi Sarjana Departemen Statistika
Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Bina Astri Sitoresmi
NRP.062115 4000 0018

Disetujui oleh Pembimbing:

Dr. Muhammad Mashuri, M.T
NIP. 19620408 198701 1 001

(*Teeunmy*)

Mengetahui,
Kepala Departemen Statistika



Dr. Suhartono
NIP. 19710929 199512 1 001
SURABAYA, JULI 2019

PENERAPAN DIAGRAM KONTROL KOMBINASI MEWMA PADA PENGENDALIAN KUALITAS AIR PRODUKSI DI PDAM SURYA SEMBADA KOTA SURABAYA

Nama : Bina Astri Sitoresmi
NRP : 062115 4000 0018
Departemen : Statistika
Dosen Pembimbing : Dr. Muhammad Mashuri, M.T

Abstrak

PDAM Surya Sembada Kota Surabaya merupakan BUMD yang berperan menjadi penyelenggara air bersih di kota Surabaya. Produksi air minum dilakukan di 6 instalasi salah satunya di instalasi Ngagel I. Penelitian ini menggunakan empat karakteristik kualitas utama yaitu Zat organik (KMnO_4), kekeruhan, sisa chlor, dan pH yang diukur setiap hari pada periode Januari hingga Juli tahun 2018. Peneliti melakukan analisis pengendalian kualitas menggunakan diagram kontrol kombinasi MEWMA (Multivariate Exponentially Weighted Moving Average). Metode kombinasi MEWMA dipilih karena dapat mendeteksi pergeseran variabilitas proses dan target proses secara bersama-sama sehingga lebih cepat mendeteksi data yang tidak terkontrol. Hasil monitoring fase I menunjukkan bahwa variabilitas proses dan target proses sudah terkendali secara statistik baik menggunakan batas kontrol dengan kriteria ATS (hasil penelitian di jurnal Reynolds & Stoumbos, 2008) maupun ARL. Pada fase II menunjukkan target proses belum terkendali statistik ketika menggunakan batas kontrol dengan ARL, namun sudah terkendali ketika menggunakan kriteria ATS. Pada penggunaan batas kontrol dengan kriteria ARL, diterapkan juga pembobot yang berbeda yaitu 0,3 untuk variabilitas proses dan 0,1 untuk target proses. Kemudian pembobot selanjutnya adalah 0,4 untuk masing-masing diagram. Pada fase II menunjukkan target proses belum terkendali statistik ketika menggunakan batas kontrol dengan ARL, namun sudah terkendali ketika menggunakan kriteria ATS.

Kata Kunci : ARL, ATS, Kapabilitas, Kombinasi MEWMA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

IMPLEMENTATION OF MEWMA COMBINATION CONTROL CHARTS ON CONTROLLING WATER PRODUCTION QUALITY IN PDAM SURYA SEMBADA KOTA SURABAYA

Name : Bina Astri Sitoresmi
Student Number : 062115 4000 0024
Department : Statistics
Supervisor : Dr. Muhammad Mashuri, M.T

Abstract

PDAM Surya Sembada Kota Surabaya is a BUMD which acts as a water provider in the Surabaya. Production of water was carried out in 6 installations, one of which was in the Ngagel I. This study used four main quality characteristics, there are Organic Substance (KMnO₄), turbidity, residual chlor, and pH measured every day from January to July 2018. This research using Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA) combination method. The MEWMA combination method was chosen because it can detect shifts in process variability and process targets together so it can detect (out of control) faster. The results of phase I monitoring show that process variability and process targets are statistically controlled both using control limits with ATS criteria (research results in journals) and ARL. Phase II shows that the process targets have not been controlled statistically when using control limits with ARL, but have been controlled when using ATS criteria. In the use of control limits with the ARL criteria, different lambda is applied which is 0.3 for process variability and 0.1 for the process target. Then the next lambda is 0.4 for each diagram. Phase II shows the process targets have not been controlled statistically when using the control limit with ARL, but have been controlled when using ATS criteria.

Keywords : ARL, ATS, Capability, Combination of MEWMA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan atas rahmat dan hidayah yang telah diberikan Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Penerapan Diagram Kontrol Kombinasi Mewma Pada Pengendalian Kualitas Air Produksi Di Pdam Surya Sembada Kota Surabaya”** dengan tepat waktu.

Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan maupun dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Muhammad Mashuri, M.T selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang dengan sangat sabar memberikan bimbingan, saran, dukungan serta motivasi selama penyusunan Tugas Akhir.
2. Wibawati, S.Si. M.Si dan Ni Luh Putu Satyaning P.Paramitha, S.Si., M.Sc., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan bantuan dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Orang tua, saudara, serta keluarga besar penulis yang selalu memberikan doa, kasih sayang, serta dukungan sehingga menjadi semangat dalam menghadapi kesulitan selama penyusunan Tugas Akhir.
4. Galuh Hadi Purwanto yang selalu sabar memberikan motivasi dan semangat dalam penyusunan Tugas Akhir.
5. Ibu Palupi, Ibu Deni, Ibu Alfa, dan Pak Wisnu dari instalasi Ngagel I PDAM Surya Semada Kota Surabaya yang telah memberikan dukungan dan bimbingadalam penyelesaian Tugas Akhir
6. Teman-teman seperjuangan bimbingan, Maila, Fandy, Tb Elgi, Kartika, Yolan dan kakak tingkat Alifian yang selalu memberikan bantuan, dukungan, dan semangat dalam penyusunan Tugas Akhir.
7. Sahabat-sahabat saya gank Kopi dan sederetannya yang selalu memberikan semangat kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir.

8. Seluruh pihak yang turut membantu dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini. Penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca. Kritik dan saran sangat diperlukan untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Peta Kendali.....	7
2.2 Analisis Multivariat.....	7
2.3 Pengendalian Kualitas Statistik	7
2.4 Pengujian Distribusi Normal Multivariat	8
2.5 Pengujian Dependensi Antar Karakteristik Kualitas.....	10
2.6 Diagram Kontrol <i>Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA)</i>	11
2.7 Diagram Kontrol Kombinasi <i>Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA)</i>	12
2.8 Penentuan Batas Kontrol Diagram Kombinasi MEWMA.....	16
2.9 Analisis Kapabilitas Proses	18
2.10 Diagram Sebab Akibat (<i>Fishbone</i>).....	20

2.11 Air	21
2.12 PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Sumber Data	27
3.2 Variabel Penelitian	27
3.3 Langkah Analisis.....	29
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	32
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Karakteristik Kualitas Air	35
4.2 Uji Dependensi antar Variabel	40
4.3 Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat.....	41
4.4 Penentuan Batas Kontrol Atas (<i>Upper Control Limit</i>)	42
4.5 Monitoring Variabilitas Proses dan Target Proses Fase I dengan Batas Kontrol Kriteria ATS.....	44
4.6 Monitoring Variabilitas Proses dan Target Proses Fase I dengan Batas Kontrol Kriteria ARL	52
4.6.1 Hasil Monitoring Variabilitas Proses dan Target Proses Fase I dengan Pembobot 0,3 dan 0,1	54
4.6.2 Hasil Monitoring Variabilitas Proses dan Target Proses Fase I dengan Pembobot 0,4	58
4.6.3 Hasil Monitoring Variabilitas Proses dan Target Proses Fase I dengan Pembobot 0,11989.....	64
4.7 Monitoring Variabilitas Proses dan Target Proses pada Produksi Air di Instalasi Ngagel I Fase II.....	66
4.8 Identifikasi Penyebab <i>Out of Control</i>	70
4.9 Analisis Kapabilitas Proses Produksi Air di Instalasi Ngagel I.....	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	79

5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran.....	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	85
BIODATA PENULIS	125

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Kontrol Kombinasi MEWMA.....	16
Gambar 2.2	Diagram <i>Fishbone</i>	21
Gambar 2.3	Lokasi instalasi Pengolahan air PDAM Surya Sembada Surabaya	23
Gambar 2.4	Proses Pengolahan air PDAM.....	25
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian (Lanjutan).....	32
Gambar 4.1	Grafik Kandungan Zat Organik Air Produksi	37
Gambar 4.2	Grafik Kandungan Kekeruhan Air Produksi	38
Gambar 4.3	Grafik Kandungan Sisa Chlor Air Produksi.....	39
Gambar 4.4	Grafik Nilai pH Air Produksi	40
Gambar 4.5	Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ Instalasi Ngagel I fase I dengan Batas Kontrol Kriteria ATS	46
Gambar 4.6	Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ instalasi Ngagel I fase I Pengontrolan 1 dengan Batas Kontrol Kriteria ATS	48
Gambar 4.7	Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ instalasi Ngagel I fase I Pengontrolan 2 dengan Batas Kontrol Kriteria ATS	49
Gambar 4.8	Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ instalasi Ngagel I fase I Pengontrolan 3 dengan Batas Kontrol Kriteria ATS	50
Gambar 4.9	Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ instalasi Ngagel I fase I Pengontrolan 4 dengan Batas Kontrol Kriteria ATS	50
Gambar 4.10	Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase I dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,3 dan 0,1).....	55

Gambar 4.11	Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase I Pengontrolan 1 dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,3 dan 0,1)	56
Gambar 4.12	Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase I Pengontrolan 2 dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,3 dan 0,1)	57
Gambar 4.13	Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase I dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,4).....	59
Gambar 4.14	Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase I Pengontrolan 1 dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,4)	60
Gambar 4.15	Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase I Pengontrolan 2 dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,4)	61
Gambar 4.16	Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase I Pengontrolan 3 dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,4)	62
Gambar 4.17	Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase I Pengontrolan 4 dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,4)	63
Gambar 4.18	Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase I dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,11989)	64
Gambar 4.19	Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase I Pengontrolan 2 dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,11989).	65
Gambar 4.20	Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ instalasi Ngagel I fase II dengan Batas Kontrol Kriteria ATS	67

Gambar 4.21	Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase II dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,3 dan 0,1).....	68
Gambar 4.22	Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase II dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,4).....	69
Gambar 4.23	Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase II dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,11989).....	70
Gambar 4.24	Diagram Fishbone Target Proses tidak Terkontrol pada fase II	74

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Batas Kontrol Diagram Kombinasi MEWMA	16
Tabel 3.1	Variabel Penelitian.....	27
Tabel 3.2	Struktur Data.....	29
Tabel 4.1	Deskripsi Karakteristik Kualitas Air Fase I.....	35
Tabel 4.2	Deskripsi Karakteristik Kualitas Air Fase II.....	36
Tabel 4.3	Uji Dependensi	41
Tabel 4.4	Pengujian Normal Multivariat	42
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan $UCL - max M2Z2$	52
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan $UCL - max MZ$	53
Tabel 4.7	Rekap Hasil Identifikasi dengan Pembobot 0,3 dan 0,1	71
Tabel 4.8	Rekap Hasil Identifikasi dengan Pembobot 0,4.....	72
Tabel 4.9	Rekap Hasil Identifikasi dengan Pembobot 0,4.....	73
Tabel 4.10	Perhitungan Analisis Kapabilitas Univariat.....	76

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Karakteristik Air Fase I	85
Lampiran 2	Data Karakteristik Air Fase II	86
Lampiran 3	Titik out of control pada monitoring dengan batas kontrol 101,113 dan 18,225.....	87
Lampiran 4	Titik out of control pada monitoring dengan batas kontrol 292,84 dan 14,81.....	88
Lampiran 5	Rekap Hasil Simulasi ARL	90
Lampiran 6	Grafik Kapabilitas Proses.....	92
Lampiran 7	Diagram Kontrol	94
Lampiran 8	Program untuk Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat.....	96
Lampiran 9	Program untuk Pengujian Dependensi	96
Lampiran 10	Program Dashboard Menggunakan R	97
Lampiran 11	Tampilan Dashboard	118
Lampiran 12	Surat Penerimaan Perusahaan	122
Lampiran 13	Dokumentasi Kunjungan ke Instalasi Ngagel I..	123

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air bersih yang tersedia saat ini kondisinya cukup memprihatinkan. Menurut laporan Perkembangan Air Dunia PBB (UN World Water Development Report) yang diluncurkan bersamaan dengan acara Forum Air Dunia di Marseille, terdapat 1 miliar penduduk yang tidak memiliki akses atas air yang layak dan jumlah mereka terus bertambah terutama di wilayah perkotaan. Di kota Surabaya sendiri keberadaan air bersih cukup memprihatinkan, mengingat air baku yang tersedia juga masih memiliki kualitas rendah. Seperti ungkapan Walikota Surabaya Tri Rismaharini yang dilansir dalam situs berita lingkungan hidup (Mongabay) tahun 2014 yaitu mengenai rendahnya kualitas bahan baku air minum, dan hal tersebut menjadi alasan tersendiri untuk meningkatkan kualitas.

Pemerintah kota Surabaya telah membuat suatu aturan yang diberlakukan untuk menentukan air bersih yang layak konsumsi. Peraturan yang dimaksud terdapat dalam sebuah Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia yaitu Permenkes Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 yang berisi beberapa syarat mengenai air bersih maupun lembaga penyelenggara air minum. Di kota Surabaya sendiri terdapat BUMD yang berperan menjadi penyelenggara air bersih, yaitu Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada Kota Surabaya. 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. Kualitas air bersih menjadi prioritas utama PDAM Surya Sembada Surabaya, mengingat hal itu merupakan hak pelanggan untuk mendapatkan kualitas pelayanan yang baik. Namun berdasarkan berita yang dilansir Tribun Jatim pada 6 September 2018 mengemukakan bahwa masih

terdapat sebagian daerah di Surabaya yang mengalami krisis air bersih seperti Bulakbanteng, Wonokusumo Lor, Wonosari, Wonosari RSS dan beberapa daerah lain di Surabaya Utara. Hal tersebut menjadi sebuah masalah utama tersendiri bagi Pemerintah Kota Surabaya dan PDAM khususnya.

Proses pengolahan air PDAM Surya Sembada Kota Surabaya selama ini dilakukan pada instalasi yang terdapat di daerah Ngagel dan Karang Pilang. Pada kegiatan pengolahan air, PDAM Surya Sembada Kota Surabaya belum melakukan pengendalian kualitas lebih jauh menggunakan metode statistik. Selama ini proses monitoring produksi di instalasi Ngagel 1 hanya dilakukan dengan mengamati hasil uji karakteristik air secara visual menggunakan statistika deskriptif. Sehingga secara statistik belum diketahui apakah kualitas air hasil olahan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya sudah terkendali. Oleh karena itu, pada penelitian ini menggunakan salah satu alat pengendalian kualitas statistik yaitu diagram kontrol. Diagram kontrol sendiri merupakan diagram yang digunakan untuk melihat apakah suatu proses terkendali secara statistik atau tidak. Komponen diagram kontrol sendiri terdiri dari garis tengah yang menyatakan rata-rata dari karakteristik kualitas, batas kendali atas, dan batas kendali bawah yang digunakan untuk menentukan apakah suatu pengamatan *in control* atau *out control* (Montgomery, 2013). Diagram kontrol dapat digunakan terhadap dua jenis data, yaitu data univariat dan multivariat. Pada data univariat variabel yang digunakan dalam masing-masing diagram kontrol hanya satu, sedangkan pada data multivariat digunakan lebih dari satu variabel dalam melakukan pengukuran kualitas (Heizer & Render, 2008).

Kualitas air produksi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya diukur berdasarkan 5 kandungan yaitu kekeruhan air, zat organik, sisa Chlor, pH dan DO. Sistem pengendalian kualitas yang selama ini dilakukan berdasarkan pada batas spesifikasi yang ditetapkan perusahaan yang mengacu pada Pemenkes Nomor 492 Tahun 2010 untuk parameter kekeruhan, zat organik (KMnO_4), dan pH, sedangkan untuk parameter sisa chlor mengacu pada Pemenkes

Nomor 736 Tahun 2010. Namun dalam penelitian ini hanya menggunakan empat karakteristik yang diutamakan oleh PDAM yaitu kekeruhan air, zat organik, sisa Chlor, dan pH. Pada keempat karakteristik kualitas air tersebut terdapat keterkaitan satu sama lain. Ketika konsentrasi sisa klor meningkat maka Ph juga akan naik. Selain itu jika kandungan zat organik (KMnO_4) terlalu banyak, maka dapat menyebabkan kekeruhan air meningkat. Salah satu diagram kontrol multivariat yang dapat digunakan adalah diagram kontrol kombinasi *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA).

Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Reynolds & Cho (2006) yang berjudul “*Multivariate Control Chart for Monitoring the Mean Vector and Covariance Matrix*”, diagram kontrol kombinasi MEWMA memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan diagram MEWMA standar dan diagram T^2 Hotelling berdasarkan *Average Time to Signal* (ATS). Selain itu, kelebihan diagram kontrol ini adalah sensitif untuk mendeteksi pergeseran proses yang kecil pada variabilitas proses dan target proses, sehingga lebih cepat mendeteksi data yang tidak terkontrol (*out of control*) (Reynolds & Stoumbos, 2008). Diagram kontrol MEWMA memberikan bobot pada setiap data sampel sehingga lebih sensitif terhadap pergeseran kecil dalam mean proses dan mampu menghasilkan ARL yang lebih kecil dari pada T^2 Hotelling. Diagram MZ dan diagram M_2Z^2 merupakan salah satu bentuk diagram kombinasi MEWMA. Diagram MZ digunakan untuk memonitor target proses dan diagram M_2Z^2 digunakan untuk memonitor variabilitas proses. Selanjutnya akan dilakukan analisis kapabilitas proses untuk mengukur kinerja proses produksi air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.

Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan metode diagram kontrol kombinasi *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA) adalah Seputro (2014) yang menggunakan data diameter pipa baja pada proses *Tube Mill*. Dari analisis dihasilkan bahwa pada fase II menunjukkan variabilitas proses belum terkendali statistik atau belum stabil dan target proses

sudah terkendali. Namun pada penelitiannya, Seputro hanya menggunakan UCL dan pembobot berdasarkan hasil di jurnal (Reynolds & Stoumbos, 2008), sehingga hasil yang diperoleh kurang optimum. Selanjutnya, penelitian menggunakan diagram kontrol kombinasi MEWMA juga pernah dilakukan oleh Tyagita tahun 2010 pada proses produksi minyak lumas. Pada penelitian tersebut menggunakan nilai batas kontrol yang diperoleh dari hasil simulasi dan menghasilkan bahwa proses produksi minyak lumas tidak Kapabel. Selain itu mengenai penelitian kualitas air PDAM pernah dilakukan oleh Jayanti (2014) yang menggunakan metode MEWMV dan MEWMA. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa variabilitas proses telah terkendali pada fase I dengan $\lambda=0,1$, $\omega=0,3$ dan $L=3,6484$ begitupun pada fase II, hasil diagram kontrol MEWMA diketahui bahwa mean proses telah terkendali pada fase I dan diagram kontrol MEWMA yang paling sensitif menggunakan $\lambda=0,6$ begitupun pada fase II. Peneliti lain yang menerapkan pengendalian kualitas statistik di PDAM adalah Nikita Dwie (2018) yang menggunakan peta kendali MEWMV MEWMA. Hasil yang didapat untuk variabilitas proses telah terkendali secara statistik dengan menggunakan pembobot optimum sebesar $\omega=0.3$ dan $\lambda=0.4$, sedangkan *mean* proses belum terkendali secara statistik.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti akan menerapkan diagram kontrol kombinasi MEWMA yang belum pernah digunakan oleh peneliti sebelumnya pada pengendalian kualitas statistik produksi air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Diagram MZ dan diagram M_2Z^2 pada penelitian ini akan menggunakan 2 macam batas kontrol yaitu batas kontrol dengan kriteria ATS (*Average Time to Signal*) berdasarkan hasil di jurnal (Reynolds & Stoumbos, 2008) dan berdasarkan kriteria *Average Run Length* (ARL).. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi dan juga evaluasi bagi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya khususnya pada pengendalian kualitas air serta proses pengolahan air, sehingga dapat terjadi peningkatan pada kualitas air PDAM Surya Sembada Kota Surabaya pada periode mendatang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang dibahas adalah bagaimana pengendalian kualitas air yang diproduksi oleh PDAM Surya Sembada Kota Surabaya di Instalasi Ngagel I. Secara khusus permasalahan yang dibahas adalah karakteristik data kualitas air produksi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya di Instalasi Ngagel 1 menggunakan metode Statistika Deskriptif. Di samping itu, dikarenakan variabel atau karakteristik air terdapat lebih dari satu maka metode yang digunakan adalah diagram kontrol multivariat, dan dalam penelitian ini digunakan diagram kontrol kombinasi MEWMA yaitu diagram MZ dan diagram M_2Z^2 . Selain itu perlu dilakukan pengukuran kinerja proses produksi air di Instalasi Ngagel 1 menggunakan analisis kapabilitas proses

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, tujuan yang akan dicapai dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui karakteristik kualitas air produksi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya di Instalasi Ngagel I.
2. Melakukan pengendalian kualitas air produksi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya di Instalasi Ngagel I menggunakan diagram kontrol kombinasi *Multivariate Weighted Moving Average* (MEWMA) yaitu MZ dan diagram M_2Z^2 .
3. Mengukur kinerja proses produksi air PDAM Surya Sembada Kota Surabaya di Instalasi Ngagel I menggunakan analisis Kapabilitas.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat membantu PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dalam memahami metode statistika yang digunakan dalam melakukan pengawasan terhadap kualitas air hasil olahannya, sehingga air yang diproduksi dapat memenuhi kebutuhan masyarakat sesuai dengan aturan Permenkes.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data karakteristik air yang digunakan digunakan adalah hasil pengujian di salah satu instalasi yaitu Ngagel I.
2. Menggunakan 4 karakteristik utama yang diuji setiap hari yaitu Zat organik (KMnO_4), kekeruhan, sisa *chlor*, dan pH.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peta Kendali

Peta kendali adalah suatu alat yang secara grafis digunakan untuk memonitor dan mengevaluasi apakah suatu aktivitas/proses berada dalam pengendalian kualitas secara statistika atau tidak sehingga dapat memecahkan masalah dan menghasilkan perbaikan kualitas. Peta kendali menunjukkan adanya perubahan data dari waktu ke waktu, akan tetapi hal itu tidak menunjukkan penyebab penyimpangan meskipun penyimpangan itu akan terlihat pada peta kendali (Montgomery, 2013).

2.2 Analisis Multivariat

Analisis multivariat berkembang dari analisis univariat. Pada beberapa kasus, analisis univariat harus dilakukan terlebih dahulu sebelum analisis multivariat. Pada umumnya, variabel diukur secara simultan setiap *sampling unit* dimana variabel yang digunakan harus berkorelasi (Rencher, 2002).

2.3 Pengendalian Kualitas Statistik

Kualitas telah menjadi salah satu faktor keputusan konsumen yang paling penting dalam pemilihan di antara produk dan layanan yang bersaing. Fenomena tersebar luas, terlepas dari apakah konsumen adalah individu, organisasi industri, toko ritel, bank atau lembaga keuangan, atau program pertahanan militer. Konsekuensinya, pemahaman dan peningkatan kualitas adalah faktor kunci yang mengarah pada kesuksesan bisnis, pertumbuhan, dan peningkatan daya saing (Montgomery, 2013). Selain itu, menurut (Chandra, 2001) pengendalian kualitas statistik sendiri merupakan teknik statistika yang diperlukan untuk menjamin dan meningkatkan kualitas produk.

Jika suatu produk memenuhi atau melampaui harapan pelanggan, umumnya produk tersebut harus diproduksi oleh sebuah proses yang stabil atau berulang. Lebih tepatnya, proses

harus mampu beroperasi dengan sedikit variabilitas di sekitar target atau dimensi nominal dari karakteristik kualitas produk. Oleh karenanya perlu dilakukan pengendalian kualitas yang didasarkan pada pengetahuan Statistika agar proses produksi yang dihasilkan dapat memenuhi keinginan dan kebutuhan konsumen.

Menurut (Montgomery, 2013) Pengendalian Kualitas Statistik memberikan gambaran proses yang sedang berjalan, untuk mengetahui apakah proses berada di dalam batas-batas yang telah ditetapkan perusahaan atau tidak dengan menggunakan diagram kontrol. Terdapat dua macam diagram kontrol yaitu diagram kontrol atribut dan variabel. Diagram kontrol atribut diperuntukkan untuk pengamatan dengan karakteristik kualitas yang tidak dapat diukur atau kategorikal, sedangkan diagram kontrol variabel diperuntukkan untuk pengamatan dengan karakteristik kualitas yang dapat diukur. Pada kedua macam diagram kontrol tersebut dapat digunakan untuk mengetahui adanya pergeseran *mean* maupun *variance* proses. Pada pengendalian kualitas statistik terdapat pula analisis kapabilitas proses yang digunakan untuk menaksir kemampuan proses.

Pengendalian kualitas statistik adalah salah satu perkembangan teknologi terbesar abad kedua puluh karena itu didasarkan pada prinsip-prinsip dasar yang sehat, mudah digunakan, memiliki dampak signifikan, dan dapat diterapkan pada proses apa pun. Tujuh alat utamanya adalah:

1. Histogram atau plot batang dan daun
2. Periksa lembar
3. Grafik pareto
4. Diagram sebab-akibat
5. Diagram konsentrasi cacat
6. Diagram pencar
7. Diagram kontrol (Heizer, 2006)

2.4 Pengujian Distribusi Normal Multivariat

Pengujian normal multivariat dilakukan untuk mengetahui apakah data hasil pengamatan mengikuti distribusi normal atau

tidak. Salah satu asumsi yang harus dipenuhi untuk melakukan pengendalian kualitas menggunakan diagram kontrol multivariat adalah sampel berasal dari distribusi Normal Multivariat. Suatu pengamatan $x_1, x_2, \dots, x_p$ memiliki distribusi Normal Multivariat dengan parameter memiliki fungsi kepadatan peluang sebagai berikut.

$$f(x) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(x-\mu)\Sigma^{-1}(x-\mu)} \quad (2.1)$$

Dalam pengujian normal multivariat dengan menggunakan uji Shapiro-Wilk dengan hipotesis sebagai berikut.

H_0 : $F(x)=F_0(x)$ (sampel berdistribusi Normal Multivariat)

H_1 : $F(x) \neq F_0(x)$ (sampel tidak berdistribusi Normal Multivariat)

Statistik uji untuk Shapiro-Wilk secara univariat dilakukan menggunakan rumus W_k . Langkah-langkah untuk menghitung W_k adalah

- i. Mengurutkan data pengamatan $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$.
- ii. Menghitung nilai S^2

$$S^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (2.2)$$

- iii. a.) Jika n genap, $m=n/2$, maka

$$b = \sum_{i=1}^m a_{n-i+1} (x_{n-i+1} - x_{ik}) \quad (2.3)$$

- b.) Jika n ganjil, $m=(n-1)/2$, maka

$$b = a_n (x_n - x_1) + \dots + a_{m+2} (x_{m+2} - x_m) \quad (2.4)$$

Di mana nilai x_{m+1} adalah median dan nilai a adalah koefisien tabel *Normality Test*.

- iv. Menghitung Nilai W

$$W_k = \frac{b^2}{S^2} \quad (2.5)$$

Tahap selanjutnya menghitung statistik uji secara multivariat W^* .

$$W^* = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p W_k \quad (2.6)$$

Kriteria penolakan H_0 adalah apabila pada tingkat signifikansi α nilai $W^* > C_{a:n,p}$ dimana $C_{a:n,p}$ adalah nilai quantil statistik Shapiro-Wilk's atau $P_{value} > \alpha$ maka dapat dikatakan sampel berasal dari populasi yang berdistribusi Normal Multivariat (Alva & Estrada, 2009).

2.5 Pengujian Dependensi Antar Karakteristik Kualitas

Salah satu asumsi yang harus dipenuhi dalam analisis menggunakan metode MEWMA adalah adanya hubungan antar karakteristik kualitas. Pada penelitian ini, digunakan metode Bartlett untuk menguji dependensi antar karakteristik kualitas. Variabel $X_1, X_2, \dots, X_p$ dikatakan saling bebas atau tidak berhubungan (*independent*) jika matriks korelasi antar variabel membentuk matriks identitas. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut (Morisson, 1990).

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)

Statistik Uji :

$$x_{hitung}^2 = - \left\{ n - 1 - \frac{2p+5}{6} \right\} \ln |\mathbf{R}|, \quad (2.7)$$

keterangan :

n = jumlah observasi

p = jumlah variabel

$\mathbf{R}$ = matrix korelasi dari masing-masing variabel

$|\mathbf{R}|$ = determinan matrix korelasi

Jika ditetapkan taraf kepercayaan $\alpha = 5\%$ maka H_0 ditolak jika $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{(\alpha; \frac{1}{2}p(p-1))}$. Dapat disimpulkan bahwa antar variabel saling

berhubungan (Morisson, 1990).

2.6 Diagram Kontrol Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA)

Diagram kontrol *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* atau MEWMA digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan pada target proses. Kelebihan dari diagram kontrol ini adalah *robust* terhadap asumsi distribusi normal, sehingga ketika asumsi normal multivariat tidak terpenuhi, maka diagram kontrol ini masih bisa digunakan. Diagram kontrol MEWMA merupakan generalisasi dari proses untuk data univariat EWMA dengan persamaan berikut.

$$Z_i = \lambda X_i + (1 - \lambda)Z_{i-1}, \quad (2.8)$$

dimana $\mathbf{X}_i$ merupakan vektor rata-rata sampel dan λ adalah pembobot dengan nilai $0 \leq \lambda \leq 1$ dan $Z_0 = 0$.

Nilai pembobot yang digunakan pada diagram kontrol 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 diagram kontrol menggunakan rumus:

$$T_i^2 = \mathbf{Z}_i^T \mathbf{\Sigma}_{Z_i}^{-1} \mathbf{Z}_i, \quad (2.9)$$

$$\mathbf{\Sigma}_{Z_i} = \frac{\lambda}{2 - \lambda} \left[1 - (1 - \lambda)^{2i} \right] \mathbf{\Sigma}, \quad (2.10)$$

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1p} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \dots & \sigma_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{p1} & \sigma_{p2} & \dots & \sigma_p^2 \end{bmatrix}.$$

matriks kovarian Σ analog dengan varians pada data univariat EWMA. Dimana p merupakan indeks variabel dan σ menyatakan nilai kovarian dari 2 variabel.

Data *out of control* ketika nilai T_i^2 lebih besar dari h_4 . Nilai h_4 merupakan batas kendali atas (UCL), didapatkan dari hasil simulasi yang disesuaikan dengan besarnya ARL hingga didapatkan nilai batas kendali atas yang konvergen. Batas pengendali bawah (LCL) untuk diagram kontrol MEWMA sama dengan 0 karena nilai T_i^2 yang selalu positif sehingga batas pengendali bawah (LCL) yang paling minimum dari suatu nilai yang positif adalah 0 (Montgomery, 2013).

2.7 Diagram Kontrol Kombinasi *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA)

Diagram kontrol kombinasi MEWMA merupakan pengembangan dari diagram kontrol MEWMA, dimana dalam penelitian ini digunakan untuk pengamatan individual. Dalam penelitian Reynold & Stoumbus (2008) dikemukakan bahwa diagram kontrol kombinasi MEWMA memiliki kesensitifan dalam melakukan monitoring pergeseran proses. Perbedaan diagram kontrol kombinasi MEWMA untuk monitoring variabilitas proses dan target proses dengan diagram kontrol MEWMA standar dan diagram kontrol *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV) adalah dari titik pengamatan. Pada diagram kontrol kombinasi MEWMA, titik pengamatan yang digunakan adalah *standardized* pengamatan. Pada penelitian ini data pengamatan yang diperoleh dari PDAM Surya Sembada Kota Surabaya merupakan data individual, atau subgrup hanya satu ($n=1$). Istilah dalam distribusi normal multivariat, σ adalah vektor

simpangan kuadrat dari p variabel dan μ_0 , Σ_0 , dan σ_0 merupakan nilai *in-control* untuk μ , Σ dan σ . Pada penelitian Reynolds & Cho (2006) dikemukakan andaikan proses akan dimonitor dengan mengambil sampel vektor pengamatan independen $n \geq 1$, pada titik sampling. Misal, x_{kij} merupakan pengamatan j ($j = 1, 2, \dots, n$) untuk variabel i ($i = 1, 2, \dots, p$) pada subgrup ke k ($k = 1, 2, \dots, m$) yang mana dalam penelitian ini menggunakan pengamatan individual, sehingga indeks k tidak digunakan. Nilai *standardized* dari pengamatan x_{kij} dapat dirumuskan $Z_{kij} = (x_{kij} - \mu_{0i}) / \sigma_{0i}$ dimana μ_{0i} adalah komponen ke- i dari μ_0 , dan σ_{0i} adalah komponen ke- i dari σ_0 . Jika $Z_{kj} = (Z_{k1j}, Z_{k2j}, \dots, Z_{kpj})$ dimana $j = 1, 2, \dots, n$, merupakan suatu vektor dari *standardized observations* untuk vektor pengamatan j pada titik sampling ke k dengan Σ_Z merupakan matriks kovarian dari Z_{kj} dan Σ_{Z0} merupakan matriks kovarians *in-control* dari Σ_Z . Σ_Z digunakan dalam pengontrolan proses pada fase I, sedangkan Σ_{Z0} digunakan dalam pengontrolan proses pada fase II. Matriks kovarians *in-control* Σ_{Z0} diperoleh berdasarkan data pada proses yang terkontrol dalam fase I. Nilai Σ_{Z0} ekuivalen dengan diagram kontrol berdasarkan statistik.

$$(Z_{k1}, Z_{k2}, \dots, Z_{kp}) \Sigma_{Z0}^{-1} (Z_{k1}, Z_{k2}, \dots, Z_{kp})^T, \quad (2.11)$$

dengan Σ_{Z0}^{-1} merupakan invers dari Σ_{Z0} . Untuk data pada variabel ke- i titik sampling ke- k , sampel *standardized* yaitu

$$Z_{ki} = \sqrt{n} \left(\frac{X_{ki} - \mu_i}{\sigma_i} \right)$$

dimana n adalah ukuran subgrup yang dalam penelitian ini $n = 1$ karena pengamatan individual, dan rata-rata *standardized* yaitu

$$E_{ki}^Z = (1-\lambda)E_{k-1,i}^Z + \lambda Z_{ki}, \quad (2.12)$$

di mana, $i=1,2,\dots,p$ dan $E_{0i}^Z = 0$ dan $0 < \lambda \leq 1$.

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \text{Var}(E_{ki}^Z) = c_{\infty} \sigma_i^2$$

dengan $c_{\infty} = \lambda / (2 - \lambda)$.

Diagram kontrol MEWMA untuk mendeteksi pergeseran target proses berdasarkan pada $\{E_{ki}^Z\}$ disebut dengan diagram MZ, digunakan statistik pada persamaan (2.13) dan (2.14) dimana i adalah variabel atau karakteristik kualitas dan k adalah titik sampling. Untuk monitoring target proses pada fase I digunakan statistik MZ berdasarkan persamaan (2.13).

$$M_k^Z = c_{\infty}^{-1} (E_{k1}^Z, E_{k2}^Z, \dots, E_{kp}^Z) \Sigma_Z^{-1} (E_{k1}^Z, E_{k2}^Z, \dots, E_{kp}^Z)^T, \quad (2.13)$$

di mana Σ_Z^{-1} merupakan nilai dari invers matriks varians kovarians pengamatan saat proses masih belum stabil atau proses belum terkendali secara statistik. Sedangkan untuk monitoring target proses pada fase II digunakan statistik MZ berdasarkan persamaan (2.14).

$$M_k^Z = c_{\infty}^{-1} (E_{k1}^Z, E_{k2}^Z, \dots, E_{kp}^Z) \Sigma_{Z0}^{-1} (E_{k1}^Z, E_{k2}^Z, \dots, E_{kp}^Z)^T, \quad (2.14)$$

di mana Σ_{Z0}^{-1} merupakan nilai dari invers matriks varian kovarians pengamatan saat proses sudah terkendali secara statistik. Dalam perhitungan mendapatkan nilai MZ, terlebih dahulu mendapatkan nilai rata-rata tiap variabel (Z_{ki}).

Selanjutnya menghitung E_{ki}^Z dan M_k^Z sebanyak k pengamatan. Untuk mendeteksi simpangan kuadrat (*squared deviations chart*), diberikan statistik EWMA untuk simpangan *standardized* kuadrat dari target, yaitu

$$E_{ki}^{Z^2} = (1-\lambda)E_{k-1,i}^{Z^2} + \lambda \sum_{j=1}^n \frac{Z_{kij}^2}{n}, \quad (2.15)$$

di mana $E_{0i}^{Z^2} = 1, 0 < \lambda \leq 1, i=1,2,..., p$

λ : Pembobot Observasi

Bentuk pertama dari statistik MEWMA berdasarkan pada $E_{ki}^{Z^2}$ disebut diagram $M_1 Z^2$ adalah

$$M_{1k}^{Z^2} = n(2c_\infty)^{-1}(E_{k1}^{Z^2} - 1, E_{k2}^{Z^2} - 1, ..., E_{kp}^{Z^2} - 1) \\ (\sum_{Z0}^{Z^2})^{-1}(E_{k1}^{Z^2} - 1, E_{k2}^{Z^2} - 1, ..., E_{kp}^{Z^2} - 1)^T, \quad (2.16)$$

dan untuk meningkatkan kemampuan pendeteksian variabilitas proses, bentuk kedua dari statistik MEWMA didasarkan pada $E_{ki}^{Z^2}$ disebut diagram $M_2 Z^2$ untuk monitoring variabilitas proses fase I adalah

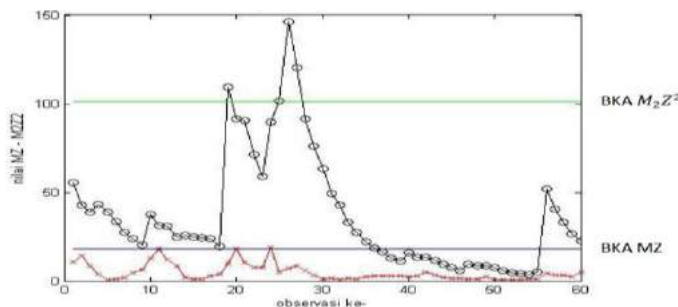
$$M_{2k}^{Z^2} = n(2c_\infty)^{-1}(E_{k1}^{Z^2}, E_{k2}^{Z^2}, ..., E_{kp}^{Z^2}) \\ (\sum_Z^{(2)})^{-1}(E_{k1}^{Z^2}, E_{k2}^{Z^2}, ..., E_{kp}^{Z^2})^T. \quad (2.17)$$

Sedangkan untuk monitoring variabilitas proses fase II digunakan statistik MEWMA seperti persamaan (2.12)

$$M_{2k}^{Z^2} = n(2c_\infty)^{-1}(E_{k1}^{Z^2}, E_{k2}^{Z^2}, ..., E_{kp}^{Z^2}) \\ (\sum_{Z0}^{(2)})^{-1}(E_{k1}^{Z^2}, E_{k2}^{Z^2}, ..., E_{kp}^{Z^2})^T. \quad (2.18)$$

(Reynold & Stoumbus, 2008).

Langkah perhitungan untuk diagram $M_2 Z^2$ sama seperti diagram MZ, hanya saja digunakan data yang telah dikuadratkan, seperti persamaan (2.15). Untuk mengetahui lebih jelas mengenaigambaran diagram kontrol MEWMA, berikut adalah contoh diagram kontrol kombinasi MEWMA.



Gambar 2. 1 Diagram Kontrol Kombinasi MEWMA

Sumber : Penelitian Saputro (2014).

2.8 Penentuan Batas Kontrol Diagram Kombinasi MEWMA

Pada penelitian ini penentuan batas kontrol atas kombinasi MEWMA menggunakan dua pendekatan yaitu kriteria *Average Time To Signal* (ATS) dan kriteria *Average Run Length* (ARL).

Reynold & Stoumbus (2008) menetapkan batas kontrol atas (UCL) sedemikian hingga didapatkan nilai *in control* ATS yang sama untuk masing-masing kombinasi pembobot yaitu sebesar 800. Batas kontrol atas (UCL) untuk diagram kontrol MZ dan diagram kontrol M_2Z^2 dengan p (variabel) sebanyak 4 dan n (pengamatan) sebanyak 1, dapat dilihat pada Tabel 2.1. Sebagai contoh untuk kombinasi pembobot 0,11989 untuk diagram kontrol MZ dan 0,11989 untuk diagram kontrol M_2Z^2 batas kontrol atas (UCL) yang digunakan adalah sebesar 18,225 dan 101,113.

Tabel 2. 1 Batas Kontrol Diagram Kombinasi MEWMA

λ	0,11989	0,11989	0,11989	0,11989
λ	0,11989	0,1591	0,20473	0,24788
UCL MZ	18,225	18,2357	18,2484	18,2574
UCL M_2Z^2	101,113	94,3174	91,3618	90,8875

Uraian tersebut menggunakan pendekatan *Average Time To Signal* (ATS). Selanjutnya, pendekatan kedua melakukan dengan simulasi *Average Run Length* (ARL). *Average Run Length* (ARL) merupakan rata-rata jumlah titik yang harus diplotkan hingga

didapatkan titik *out of control* pertama (Montgomery, 2009). Peneliti menetapkan batas kontrol atas sedemikian hingga mendapatkan *In Control* ARL sebesar 370. Algoritma untuk mendapatkan ARL_0 adalah sebagai berikut.

1. Membangkitkan data simulasi sebanyak n sampel sesuai dengan parameter data pengamatan asli.
2. Menetapkan batas kontrol atas untuk M_k^Z dan $M_{2k}^{Z^2}$. Penentuan batas kontrol atas awal menggunakan nilai kuantil titik pengamatan, dimana dalam penentuan kuantil berpedoman pada $\alpha=0,0027$.
3. Mengambil sampel random sebanyak 1000 dari 10.000 sampel yang telah dibangkitkan.
4. Menghitung statistik M_k^Z dan statistik $M_{2k}^{Z^2}$ yang akan dibandingkan dengan batas kontrol atas (UCL).
5. Menentukan *Run Length* (RL), jumlah titik pengamatan yang harus diplotkan sampai titik pertama melewati batas kontrol atas.
6. Menghitung ARL_0 yaitu rata-rata RL untuk 100 iterasi.
7. Simulasi berhenti sampai $ARL_0 = 370$.

Sedangkan untuk batas kontrol bawah (LCL) adalah 0 dikarenakan bentuk M_k^Z dan $M_{2k}^{Z^2}$ merupakan bentuk kuadratik, dimana E_{ij}^Z berdistribusi Normal $(0, c_k \sigma_i^2)$, sehingga M_k^Z dan $M_{2k}^{Z^2}$ akan memiliki distribusi Chi-Square dengan derajat bebas p (Johnson & Wichern, 2007). Dalam penelitian ini ARL_0 yang digunakan sebesar 370, dimana $ARL_0 = 370$ sesuai dengan buku Montgomery (2013) yang biasa disebut pengontrolan dengan batas 3σ . Dengan $ARL_0 = 370$ dapat menghasilkan peluang terjadinya suatu titik pengamatan keluar dari batas kontrol sebesar 0,0027.

2.9 Analisis Kapabilitas Proses

Analisis kapabilitas proses merupakan suatu studi untuk menaksir kemampuan proses, yaitu apakah produk sudah memenuhi spesifikasi yang ditentukan atau belum. Menurut (Ariani, 2005) analisis kapabilitas proses dilakukan apabila variabilitas dan rata-rata sudah stabil. Selanjutnya, untuk melihat kapabilitas proses, diperlukan suatu ukuran kuantitatif proses yaitu indeks kapabilitas, yang dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan suatu proses. Untuk melihat kapabilitas proses, diperlukan suatu ukuran kuantitatif proses yaitu indeks kapabilitas, yang dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan suatu proses. Berdasarkan standar 3σ , suatu produk dikatakan mampu apabila memiliki indeks kapabilitas lebih dari 1,33. Indeks kapabilitas proses ini dapat dinyatakan dalam berbagai perhitungan yang berbeda. Apabila suatu proses univariat dalam keadaan terkendali maka indeks kapabilitas yang dapat digunakan adalah C_p , C_{pk} , C_{pm} dan C_{pkm} . Sedangkan untuk proses yang belum terkendali menggunakan indeks kapabilitas P_p dan P_{pk} .

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

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}, \quad (2.19)$$

untuk spesifikasi satu arah digunakan C_{pu} dan C_{pl} yaitu *Upper Specification Only* dan *Upper Specification Only*. Berikut merupakan rumus C_{pu} dan C_{pl}

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}, C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}. \quad (2.20)$$

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

$$C_{pk} = \min(C_{pu}, C_{pl}). \quad (2.21)$$

Selain itu digunakan indeks *performance process* P_p dan P_{pk} (Montgomery, 2013). Perhitungan indeks P_p dan P_{pk} menggunakan rumus seperti berikut.

$$P_{pu} = \frac{BSA - \bar{x}}{3s}, \quad P_{pl} = \frac{\bar{x} - BSB}{3s} \quad (2.22)$$

$$P_p = \frac{BSA - BSB}{6s} \quad (2.23)$$

$$P_{pk} = \min\{P_{pu}, P_{pl}\} \quad (2.24)$$

Keterangan :

USL/BSA : *Upper Spesification Limit* (Batas Spesifikasi Atas)

LSL/BSB : *Lower Spesification Limit* (Batas Spesifikasi Bawah)

μ : Rata-rata proses

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

$$MC_p = \sum_{i=1}^p W_i C_p(x_i), \quad (2.25)$$

$$MC_{pk} = \sum_{i=1}^p W_i C_{pk}(x_i), \quad (2.26)$$

$$MP_p = \sum_{i=1}^p W_i P_p(x_i), \quad (2.27)$$

$$MP_{pk} = \sum_{i=1}^p W_i P_{pk}(x_i), \quad (2.28)$$

Rumus di atas merupakan bentuk multivariat dari C_p , C_{pk} , P_p , dan P_{pk} univariat dengan $C_p(X_i)$ adalah index kaoabilitas variabel ke-i. W_i merupakan pembobot berdasarkan kepentingan dengan $\sum_{i=1}^p W_i = 1$. Nilai pembobot W_i disesuaikan dengan pembobot dari masing-masing karakteristik kualitas yang ditentukan oleh

perusahaan, jika tidak ada maka pembobot dianggap sama (Raissi, 2009).

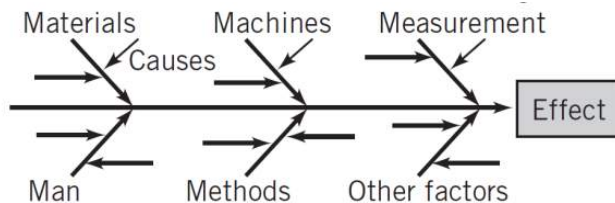
2.10 Diagram Sebab Akibat (*Fishbone*)

Diagram *Fishbone* atau yang dapat disebut sebagai diagram ishikawa dikembangkan oleh Kaoru Ishikawa seorang pakar kendali mutu. Diagram ini dapat disebut juga sebagai diagram sebab-akibat. Diagram *Fish bone* adalah suatu alat resmi yang sering digunakan dalam mengidentifikasi sebab-sebab yang potensial. Diagram ini adalah alat yang sangat kuat. Secara rinci, diagram ini sangat efektif dalam membantu mencari pemecahan masalah. Penyebab terjadinya masalah pada umumnya adalah 4M+L yaitu mesin, material, manusia, metode, dan lingkungan. Sehingga menemukan penyebab utama atau akar dari permasalahan. (Ariani, 2005). Setiap kategori dirumuskan dengan melakukan sesi *brainstorming* (Montgomery, 2013). Kepala ikan biasanya selalu terletak di sebelah kanan. Di bagian ini, ditulis even yang dipengaruhi oleh penyebab-penyebab yang nantinya di tulis di bagian tulang ikan. Even ini sering berupa masalah atau topik yang akan di cari tahu penyebabnya. Pada bagian tulang ikan, ditulis kategori-kategori yang bisa berpengaruh terhadap even tersebut.

Kategori yang digunakan adalah :

- Orang (*man*): Semua orang yang terlibat dari sebuah proses.
- Metode (*methods*) : Bagaimana proses itu dilakukan, kebutuhan yang spesifik dari poses itu, seperti prosedur, peraturan dll.
- Material (*materials*): Semua material yang diperlukan untuk menjalankan proses seperti bahan dasar, pena, kertas dll.
- Mesin (*machine*): Semua mesin, peralatan, komputer dll yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan.
- Pengukuran (*measurements*): Cara pengambilan data dari proses yang dipakai untuk menentukan kualitas proses.
- Lingkungan (*environment*) atau faktor lain (*other factors*) : Kondisi di sekitar tempat kerja, seperti suhu udara, tingkat kebisingan, kelembaban udara, dll.

Secara lebih jelas, kerangka Diagram Ishikawa dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini



Gambar 2. 2 Diagram *Fishbone*

Sumber : (Montgomery, 2013)

2.11 Air

Air merupakan bahan alam yang diperlukan untuk kehidupan manusia, hewan dan tanaman yaitu sebagai media pengangkutan zat-zat makanan, juga merupakan sumber energi serta berbagai keperluan (Arsyad, 1989). Selain itu, air mempunyai ikatan Hidrogen yang cenderung bersatu padu untuk menentang kekuatan dari luar yang akan memecahkan ikatan-ikatan ini (Kuncoro & Wiharto, 2009). Air yang diproduksi oleh PDAM merupakan air tanah yang bersumber dari sungai. Menurut (Sari, 2010) Air tanah mengalami kontak dengan berbagai macam material yang terdapat didalam bumi sehingga pada umumnya air tanah mengandung kation dan anion terlarut dan beberapa senyawa anorganik. Ion-ion yang sering ditemui pada air tanah adalah besi (Fe) dan mangan (Mn).

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 14/PRT/M/2010 tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang menyebutkan bahwa kebutuhan air rata- rata secara wajar adalah 60 liter/orang/hari untuk segala keperluan. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan no.492 tentang persyaratan kualitas Air Minum pada pasal 3 dimuat beberapa hal:

1. Air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan.

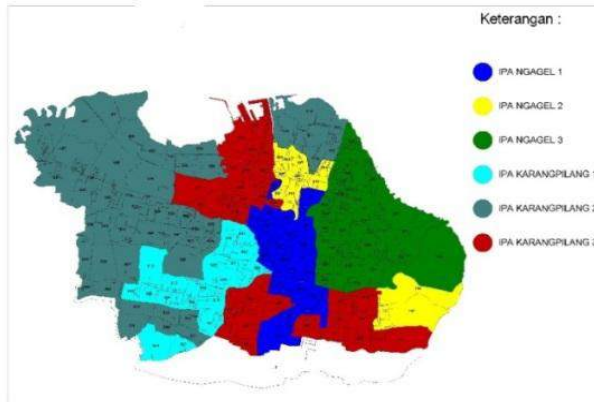
2. Parameter wajib sebagaimana dimaksud pada ayat (1) merupakan persyaratan kualitas air minum yang wajib diikuti dan ditaati oleh seluruh penyelenggara air minum.
3. Pemerintah daerah dapat menetapkan parameter tambahan sesuai dengan kondisi kualitas lingkungan daerah masing-masing dengan mengacu pada parameter tambahan sebagaimana diatur dalam peraturan ini.

2.12 PDAM Surya Sembada Kota Surabaya

PDAM Surya Sembada merupakan Perusahaan Daerah Air Minum yang menyediakan jasa pengadaan air minum untuk wilayah Surabaya dan sekitarnya. Salah satu Unit Usaha Milik Daerah ini dituntut terus meningkatkan mutu pelayanannya agar pelanggan mendapatkan pelayanan sesuai dengan yang diharapkan. PDAM merupakan perusahaan daerah sebagai sarana penyedia air bersih yang diawasi dan dimonitor oleh aparat 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).

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. Berikut peta lokasi instalasi Pengolahan air di PDAM Surya Sembada Surabaya. Kualitas air produksi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya diukur berdasarkan 5 kandungan yaitu kekeruhan air, zat

organik, sisa Chlor, pH dan DO. Sistem pengendalian kualitas yang selama ini dilakukan berdasarkan pada batas spesifikasi yang ditetapkan perusahaan yang mengacu pada Pemenkes Nomor 492 Tahun 2010 untuk parameter kekeruhan, zat organik (KMnO_4), dan pH, sedangkan untuk parameter sisa chlor mengacu pada Pemenkes Nomor 736 Tahun 2010.



Gambar 2. 3 Lokasi instalasi Pengolahan air PDAM Surya Sembada Surabaya

Sumber: PDAM Surabaya, 2012

Proses pengolahan air PDAM Surya Sembada dilakukan di 6 instalasi yang tersebar di daerah Ngagel dan Karang Pilang dengan 2 sumber air baku yang berbeda. Berikut merupakan tahapan pengolahan air di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.

1) Penyaringan air baku

Proses dimulai dari penyaringan utama pada air sungai untuk menyaring sampah-sampah yang terdapat dalam air. Penyaringan adalah proses pemisahan komponen padatan yang terkandung di dalam air dengan melewatkannya melalui media yang berpori atau bahan berpori lainnya untuk memisahkan padatan dalam air tersebut baik yang berupa suspensi maupun koloid. Selain itu, penyaringan juga dapat mengurangi kandungan bakteri, bau, rasa, mangan, dan besi (Quddus, 2014). Sumber air yang digunakan di instalasi

Ngagel I adalah sungai Jagir yang terletak di sisi jalan Wonromo, Surabaya. Air disaring dan dialirkan ke dalam penampungan berupa waduk yang selanjutnya disalurkan ke nampungan prasedimentasi.

2) Proses prasedimentasi

Proses ini merupakan suatu proses pengendapan *grit* yang dilakukan secara gravitasi sederhana tanpa memberikan tambahan bahan kimia koagulan. Pada proses ini partikel air mengendap secara alami. Menurut (Yulianti, 2012) Prasedimentasi merupakan salah satu unit pada bangunan pengolahan air minum yang umumnya digunakan sebagai pengolahan pendahuluan. Bentuk unit prasedimentasi yang umum digunakan adalah rectangular dan circular serta terdiri dari empat zona, yaitu zona inlet, zona pengendapan, outlet, dan zona lumpur.

3) Proses Airasi

Menambahkan udara untuk meningkatkan oksidasi, yang bertujuan untuk membantu proses biologis dalam air. Metode aerasi sering digunakan untuk pengolahan air minum dengan memasukan oksigen kedalam air sehingga besi (Fe) dan mangan (Mn) bereaksi dengan oksigen yang semula dalam bentuk Fe^{2+} dan Mn^{2+} terlarut menjadi Fe^{3+} dan Mn^{3+} yang akan mengendap untuk kemudian dipisahkan dari air tanah (Budi, 2006).

4) Proses Pengadukan Cepat

Pengadukan dengan kecepatan tertentu. Terjadi proses Koagulasi, yaitu menambahkan bahan kimia (tawas). Penambahan tawas bertujuan untuk mempercepat proses pengendapan partikel yang tidak dapat mengendap dalam air dengan metode koagulasi. Salah satu bahan kimia yang digunakan sebagai koagulan adalah tawas atau aluminium sulfat (Budi, 2006).

5) Proses Pengadukan Lambat

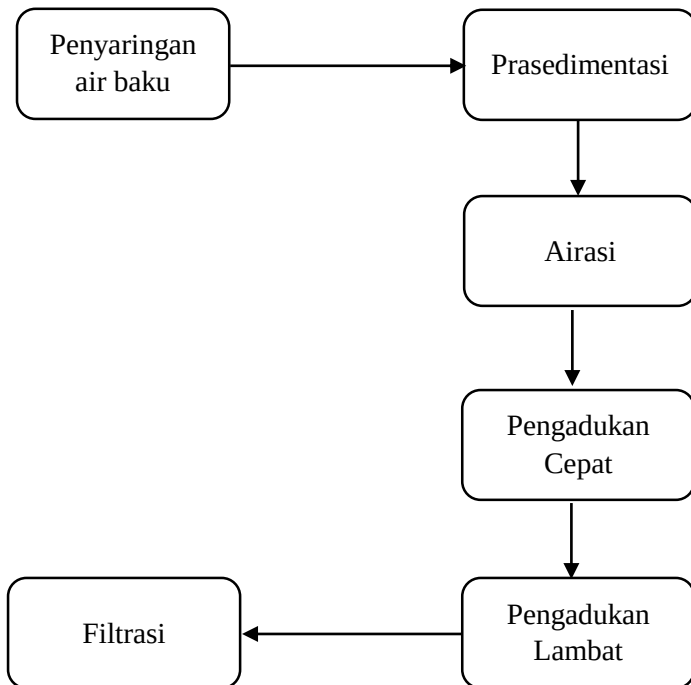
Pengadukan secara mekanis dengan menggunakan mesin pemutar dengan ditambahkan flokulan. Tujuan proses

pengadukan lambat adalah agar partikel dari pengadukan cepat bisa membentuk gumpalan yang lebih besar. Kemudian diendapkan di unit sedimentasi.

6) Filtrasi

Proses ini dilakukan filter air dengan pasir *silica* dan *antrasit*, dan kerikil *silica*. *Output* masuk ke dalam tandon besar dan didesinfektan dengan gas chlor untuk membunuh kuman dan bakteri.

Selanjutnya dilakukan pendistribusian air ke konsumen dengan menggunakan pipa transmisi. Pengolahan air yang dilakukan di PDAM dapat dilihat lebih rinci pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2. 4 Proses Pengolahan air PDAM

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini akan menjelaskan tentang sumber data, definisi variabel, variabel penelitian, langkah analisis beserta diagram alirnya sebagai penunjang dalam melakukan analisis dan pembahasan.

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Divisi Pengendalian dan Operasi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya disertai dengan wawancara langsung dengan salah satu staff bagian kualitas air. Data pada penelitian ini berupa data hasil pengujian kualitas air produksi di laboratorium Ngagel I pada tanggal 1 Januari 2018 hingga 31 Juli 2018. Pengambilan sampel dilakukan pada setiap pagi hari dengan sampel yang diukur merupakan air yang diambil dari hasil filtrasi yang siap didistribusikan ke pelanggan. Pada penelitian ini data dibagi menjadi dua fase untuk membedakan sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan mesin pengaduk pada bak flokulator. Produksi air sebelum adanya perbaikan mesin pengadukan pada bak flokulator dijadikan sebagai fase I yaitu periode Januari hingga Mei 2018, dan setelah perbaikan mesin pengadukan pada bak flokulator digunakan sebagai data fase II yaitu periode Juni hingga Juli 2018.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan	Satuan	Spesifikasi
X_1	KMnO ₄	mg/l	max 10
X_2	Kekeruhan	NTU	max 5
X_3	Sisa Chlor (Cl ₂)	mg/l	max 1
X_4	pH		6,5-8,5

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

1. Zat organik Kalium Permanganat (KMnO_4) adalah parameter nilai permanganat. Sebagai zat oksidator, zat organik (KMnO_4) berfungsi untuk menghilangkan unsur besi dan mangan, serta menghilangkan limbah pada air. Banyaknya kandungan KMnO_4 yang melewati batas dapat menyebabkan gangguan terhadap kesehatan masyarakat yang mengkonsumsi (Sutrisno, 2010).
2. Tingkat kekeruhan air biasa disebut Turbiditas. Turbiditas pada air disebabkan oleh adanya materi suspensi seperti tanah liat, endapan lumpur, partikel organik, dan mikroskopis lainnya. Tingkatan kekeruhan air atau turbiditas memiliki satuan pengukuran Nephelometric Turbidity Unit (NTU) (Yuniarti, 2007). Alat ukur yang digunakan untuk mengukur kekeruhan atau turbiditas pada air diukur dengan turbidimeter.
3. Sisa *Chlor* merupakan zat kimia yang diberikan dalam pengolahan air untuk membunuh kuman-kuman yang terdapat pada air. Residu klorin (sisa klorin) harus diukur karena residu yang terlalu tinggi dapat membahayakan kesehatan sedangkan bila terlalu rendah tidak efektif sebagai desinfektan. (Santhi, 2015).
4. pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman, jika larutan memiliki jumlah molekul asam dan basa yang sama, pH dianggap netral. Pembatasan pH dilakukan karena akan mempengaruhi rasa, korosifitas air dan efisiensi klorinasi. Beberapa senyawa asam dan basa lebih toksik dalam bentuk molekuler, dimana disosiasi senyawa-senyawa tersebut dipengaruhi oleh pH (Hanum, 2002).

Keempat variabel tersebut 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. Dengan begitu pH yang terkandung dalam

air dapat meningkat. Selanjutnya struktur data penelitian ditampilkan pada Tabel 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3. 2 Struktur Data

Observasi ke-	Karakteristik Kualitas			
	X_1	X_2	X_3	X_4
1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}
3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
i	X_{i1}	X_{i2}	X_{i3}	X_{i4}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
t	X_{t1}	X_{t2}	X_{t3}	X_{t4}

Keterangan :

- X_{ik} = Nilai untuk karakteristik kualitas ke- k pada observasi ke- i
 i = 1,2,..., t dimana t = banyak observasi
 k = Banyak variabel (1,2,3,4)
 X_1 = Kandungan KMnO_4
 X_2 = Kekeruhan air
 X_3 = Sisa Chlor
 X_4 = Kadar pH

3.3 Langkah Analisis

Berikut adalah langkah-langkah analisis yang digunakan dalam melakukan penelitian.

1. Melakukan analisis eksplorasi data untuk mengetahui karakteristik pada setiap variabel Zat organik (KMnO_4), kekeruhan, sisa *chlor*, dan pH.
2. Melakukan uji dependensi menggunakan uji *Bartlett* pada variabel zat organik (KMnO_4), kekeruhan, sisa *chlor*, dan pH untuk mengetahui apakah terdapat hubungan antar variabel atau tidak.
3. Melakukan uji asumsi normal multivariat pada variabel Zat organik (KMnO_4), kekeruhan, sisa *chlor*, dan pH untuk

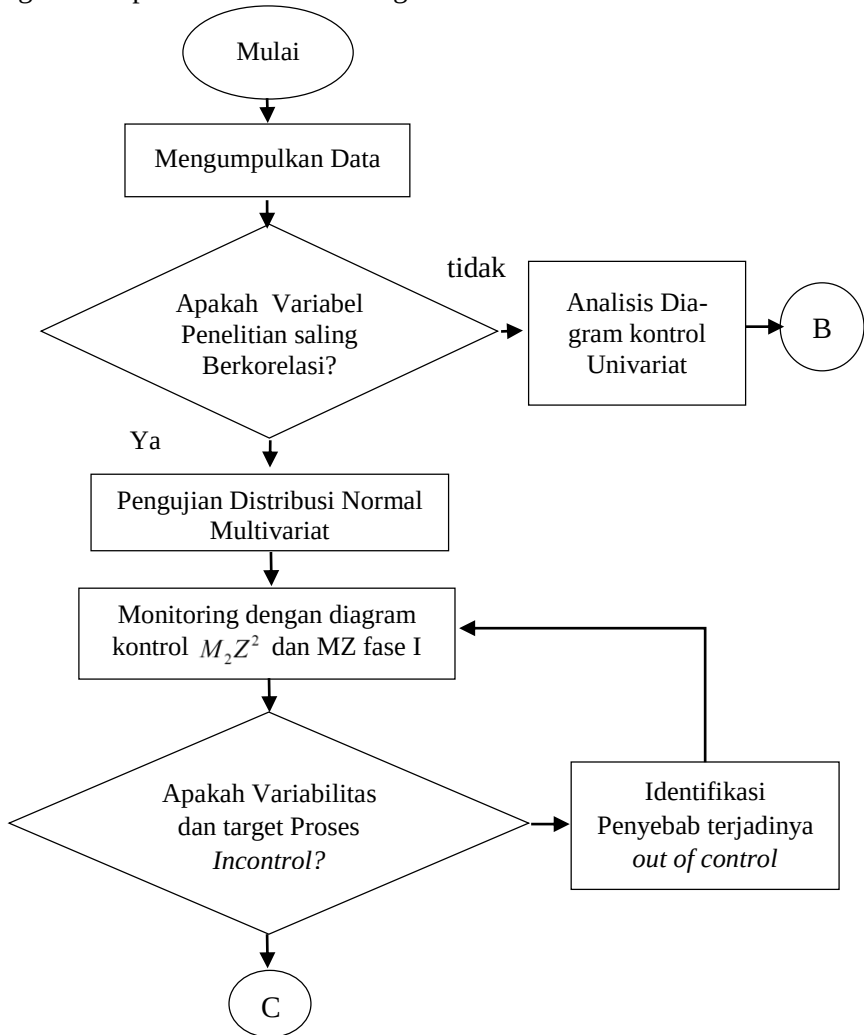
mengetahui apakah data yang digunakan berdistribusi normal multivariat atau tidak.

4. Melakukan simulasi ARL untuk mendapatkan nilai UCL optimum.
 - a) Membangkitkan data simulasi sebanyak 10.000 sampel sesuai dengan parameter data pengamatan asli berupa matriks varian kovarian dan *mean vector*.
 - b) Menetapkan batas kontrol atas untuk M_k^Z dan $M_{2k}^{Z^2}$.
Penentuan batas kontrol atas awal menggunakan nilai kuantil titik pengamatan, dimana dalam penentuan kuantil berpedoman pada $\alpha=0,0027$.
 - c) Mengambil sampel random sebanyak 1000 dari 10.000 sampel yang telah dibangkitkan.
 - d) Menghitung statistik M_k^Z dan statistik $M_{2k}^{Z^2}$ yang akan dibandingkan dengan batas kontrol atas (UCL).
 - e) Menentukan *Run Length* (RL), jumlah titik pengamatan yang harus diplotkan sampai titik pertama melewati batas kontrol atas.
 - f) Menghitung ARL_0 yaitu rata-rata RL untuk 100 iterasi
 - g) Simulasi berhenti sampai $ARL_0 = 370$.
5. Melakukan monitoring variabilitas proses dan target proses dengan diagram kontrol kombinasi MEWMA yaitu diagram kontrol M_2Z^2 dan diagram kontrol MZ. Monitoring dilakukan dengan UCL berdasarkan kriteria ATS (jurnal Reynold dan Stombous 2008) dan berdasarkan kriteria ARL 370. Reynold dan Stoumbus (2008) menetapkan batas kontrol atas (UCL) sedemikian hingga didapatkan nilai *in control* ATS yang sama untuk masing-masing kombinasi pembobot yaitu sebesar 800. Batas kontrol dengan kriteria ATS yaitu 101,113 untuk monitoring variabilitas proses dan 18,225 untuk monitoring target proses

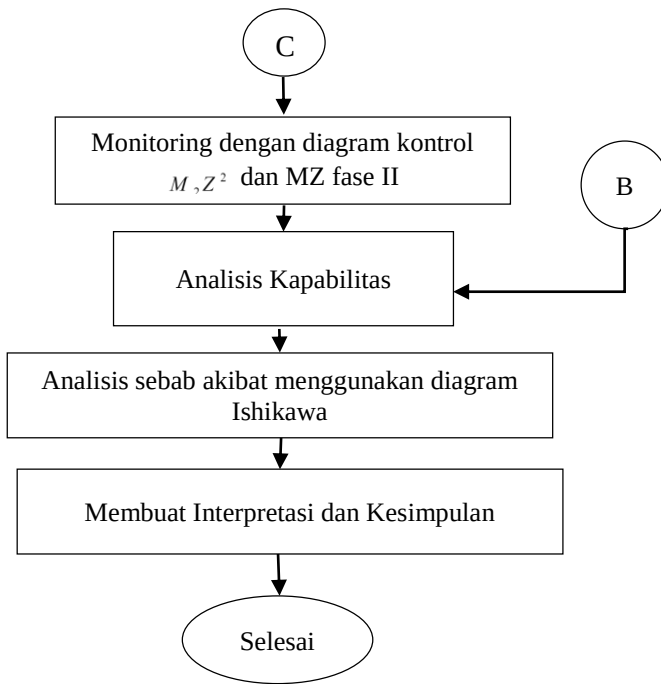
- a) Data dibagi menjadi 2 bagian yaitu fase I dan fase II, dimana kedua fase ini dibedakan berdasarkan sebelum dan sesudah adanya *maintenance* atau perbaikan mesin pengaduk pada bak floulator.
 - b) Membuat diagram kontrol $MZ - M_2Z^2$ menggunakan data fase I.
 - c) Jika diagram kontrol menunjukkan ada pengamatan yang diluar batas kontrol (*out of control*) maka akan dilakukan identifikasi penyebab-penyebab *out of control* dengan melakukan diskusi lebih lanjut dengan pihak PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Dimana penyebab-penyebab *out of control* tersebut akan ditampilkan dalam diagram sebab akibat.
 - d) Setelah diketahui penyebab *out of control* maka pengamatan yang diluar batas kontrol tersebut dikeluarkan dari perhitungan dan dibuat diagram kontrol baru. Pengamatan *out of control* pada diagram M_2Z^2 terlebih dahulu.
 - e) Jika diagram kontrol telah menunjukkan variabilitas dan target proses yang terkontrol, maka selanjutnya dilakukan pengendalian untuk fase II.
 - f) Parameter *in control* pada fase I, yaitu Σ_{Z0} dan Σ_{Z0}^2 akan digunakan pada pengendalian fase II untuk mengetahui kestabilan proses fase II.
6. Melakukan identifikasi penyebab *out of control*
 7. Melakukan analisis sebab akibat menggunakan diagram sebab akibat
 8. Melakukan analisis kapabilitas proses untuk mengetahui apakah proses yang dilakukan sudah menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi.
 9. Melakukan Interpretasi dan mengambil kesimpulan.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Langkah analisis secara umum dapat digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

PDAM Surya Sembada merupakan Perusahaan Daerah Air Minum yang menyediakan jasa pengadaan air minum untuk wilayah Surabaya dan sekitarnya. Salah satu Unit Usaha Milik Daerah ini dituntut terus meningkatkan mutu pelayanannya agar pelanggan mendapatkan pelayanan sesuai dengan yang diharapkan. Selama ini monitoring kualitas air yang dilakukan oleh PDAM Surya Sembada Kota Surabaya yaitu dengan analisis deskriptif dengan melihat apakah karakteristik untuk mengukur kualitas pupuk urea sesuai dengan batas spesifikasi yang ditetapkan perusahaan. Karakteristik kualitas air yang dilihat antara lain yaitu Zat organik (KMnO_4), kekeruhan, sisa *chlor*, dan pH. Seiring dengan bertambahnya kebutuhan air bersih di kota Surabaya, perusahaan harus melakukan perlakuan lebih pada monitoring kualitas air produksi.

4.1 Karakteristik Kualitas Air

Air yang diolah PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dilakukan di 6 instalasi yang tersebar di daerah Ngagel dan Karang Pilang dengan 2 sumber air baku yang berbeda. Pada penelitian ini menggunakan hasil uji laboratorium Ngagel I pada periode Januari hingga Juli 2018. Kualitas air dikatakan baik dan layak konsumsi jika kandungan yang diukur memenuhi batas spesifikasi perusahaan dimana mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan.

Tabel 4. 1 Deskripsi Karakteristik Kualitas Air Fase I

Variabel	Mean	Varians	Min	Max	Batas Spesifikasi
KMnO_4	6,227	2,236	3,42	10	max 10 mg/l
Kekeruan	1,29	0,348	0,45	3,7	max 5 NTU
Sisa chlor	0,864	0,044	0,24	1,45	max 1 mg/l
pH	7,036	0,023	6,25	7,35	6,5-8,5

Tabel 4.1 merupakan ringkasan statistika deskriptif untuk masing-masing variabel yang terdiri dari rata-rata (*mean*), varians,

nilai maksimum, dan nilai minimum dari data karakteristik air produksi pada periode Januari hingga Mei 2019. Sedangkan berikut merupakan karakteristik data dari kualitas air produksi pada periode Juni hingga Juli 2019.

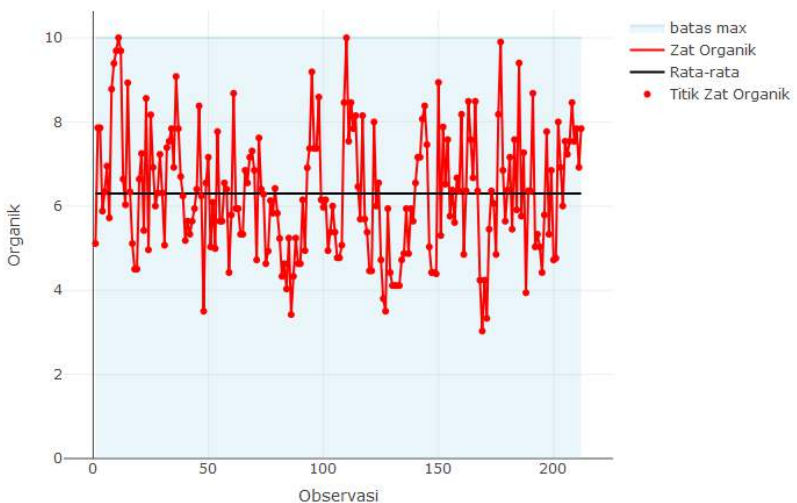
Tabel 4. 2 Deskripsi Karakteristik Kualitas Air Fase II

Variabel	Mean	Varians	Min	Max	Batas Spesifikasi
KMnO ₄	6,454	2,191	3,03	9,9	max 10 mg/l
Kekeruan	1,031	0,08	0,55	1,85	max 5NTU
Sisa chlor	0,582	0,064	0,1	1,07	max 1 mg/l
pH	7,15	0,015	6,79	7,53	6,5-8,5

Berdasarkan Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa secara umum rata-rata kandungan Zat organik (KMnO₄), kekeruhan, sisa *chlor*, dan pH pada fase I maupun fase II memiliki nilai yang tidak melebihi batas spesifikasi. Kemudian jika dilihat dari nilai maksimum masing masing periode produksi, diperoleh hasil bahwa masih terdapat nilai di atas batas spesifikasi untuk variabel sisa Chlor pada kedua periode. Jika dilihat dari nilai *mean* yang dihasilkan dari perhitungan masing-masing periode produksi, seluruh variabel masih masuk ke dalam syarat yang ditentukan dalam Permenkes no. 429 tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air minum. Kadar pH mimum adalah 6,5 seddangkan pada Tabel 4.1 terlihat bahwa kadar pH terendah bernilai 6,25. Artinya pada air produksi periode Januari hingga Mei 2019 masih terdapat hari tertentu yang masih memiliki kadar pH rendah dibawah spesifikasi perusahaan. Jika diperhatikan dari nilai variansi, karakteristik KMnO₄ memiliki nilai variansi 2,3687 pada periode produksi fase I dan 2,191 pada periode produksi fase II. Artinya data kualitas air variabel KMnO₄ yang diambil selama periode produksi fase I memiliki keragaman data yang lebih heterogen dibandingkan dengan variabel KMnO₄ yang diambil selama periode produksi fase II. Selain itu karakteristik kekeruhan memiliki nilai variansi 0,348 pada periode produksi fase I dan 0,08 pada periode produksi fase II. Artinya data kualitas air variabel KMnO₄ yang diambil selama periode produksi fase I memiliki keragaman data yang lebih

heterogen dibandingkan dengan variabel kekeruhan yang diambil selama periode produksi fase II. Begitu pula untuk kadar pH, data kualitas air variabel pH yang diambil selama periode produksi fase I memiliki keragaman data yang lebih heterogen dibandingkan dengan variabel kekeruhan yang diambil selama periode produksi fase II. Sedangkan untuk variabel sisa chlor adalah sebaliknya.

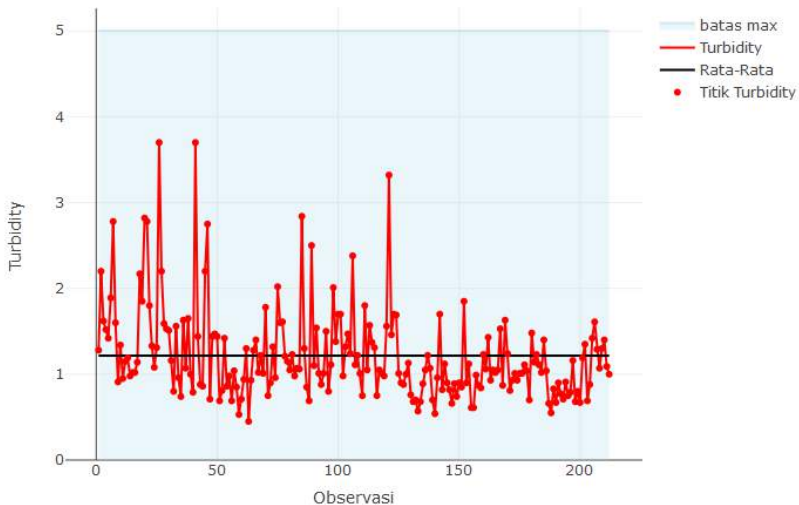
Keempat karakteristik kualitas air diharapkan memenuhi batas-batas spesifikasi yang ditentukan oleh perusahaan. Selain dianalisis secara matematis, dapat juga dihat secara visual agar lebih informatif untuk ditampilkan ke manajen perusahaan. Kandungan zat organik air produksi di instalasi cabang Ngagel I yang diharapkan ialah memiliki nilai maksimal 10 mg/l. Berikut merupakan grafik dari karakteristik zat organik.



Gambar 4. 1 Grafik Kandungan Zat Organik Air Produksi

Gambar 4.1 merupakan grafik yang menggambarkan nilai karakteristik zat organik di instalasi Ngagel I. Pada grafik tersebut area yang berwarna biru muda merupakan area yang menggambarkan batas spesifikasi dari perusahaan. Sehingga jika terdapat titik pengamatan yang berada di luar area warna biru muda, maka pengamatan tersebut tidak memenuhi spesifikasi yang

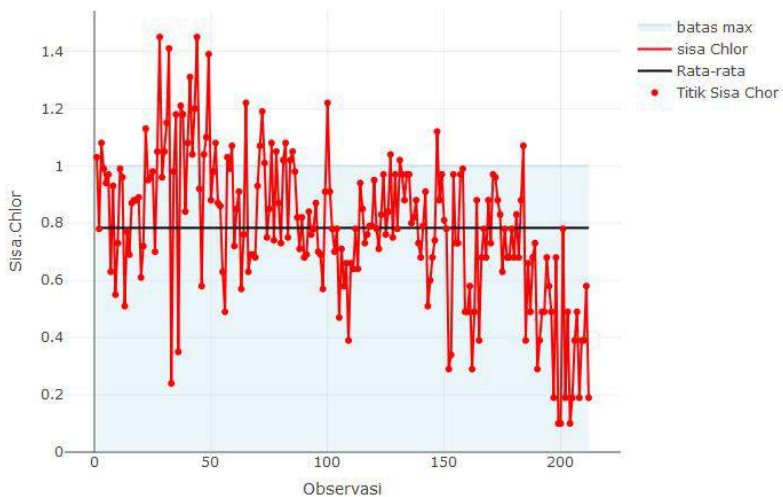
telah ditentukan perusahaan. Berdasarkan Gambar 4.1 terlihat bahwa kandungan zat organik pada produksi air di instalasi Ngagel I periode Januari hingga Juli 2018. Pada Gambar 4.1 terlihat bahwa semua titik berada di area warna biru muda, hal ini menunjukkan bahwa zat organik pada air yang diproduksi sudah sesuai dengan spesifikasi perusahaan yaitu maksimal 10 mg/l. Selain itu jika dilihat perbandingan grafik warna merah dan garis hitam terlihat bahwa grafik warna merah cenderung memusat pada garis warna hitam yang mana garis tersebut merupakan rata-rata kekeruhan pada periode Januari hingga Juli 2018. Artinya, zat organik Kalium Permanganat yang terkandung dalam air cenderung stabil atau terpusat pada rata rata. Kemudian untuk kekeruhan air produksi di instalasi cabang Ngagel I sendiri yang diharapkan ialah memiliki nilai maksimal sebesar 5 skala NTU.



Gambar 4. 2 Grafik Kandungan Kekeruhan Air Produksi

Pada Gambar 4.2 terlihat bahwa semua pengamatan berada di area grafik berwarna biru muda, yang artinya tidak ada pengamatan satu pun yang melebihi batas spesifikasi. Sehingga dapat disimpulkan kandungan kekeruhan selalu bernilai kurang dari 5

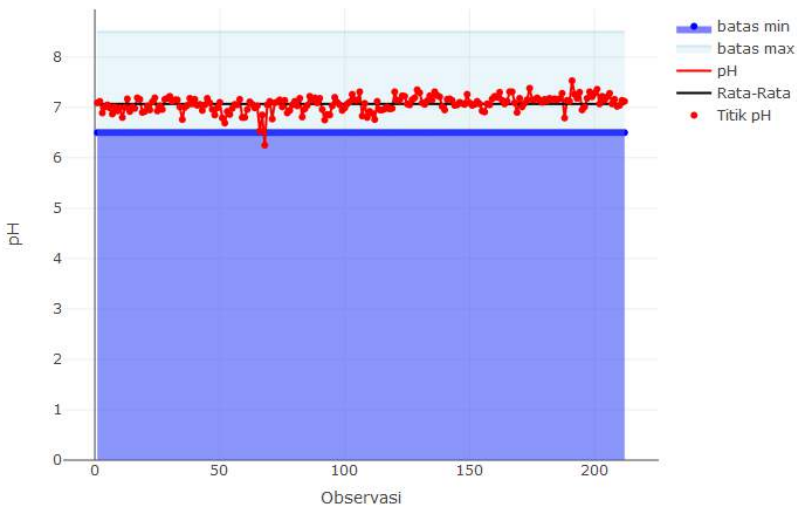
NTU selama periode Januari hingga Juli 2018. Pada Gambar 4.2 juga terlihat bahwa pada sekitar titik pengamatan ke 140 hingga 200 cenderung turun dari rata-rata meskipun ada kenaikan sedikit pada sekitar pengamatan 150. Hal tersebut menunjukkan bahwa perlu dilakukan pengecekan terhadap produksi pada periode Mei hingga Juli apakah penyebab kekeruhan cenderung turun sehingga dapat dijadikan bahan perbaikan untuk proses produksi selanjutnya. Kemudian untuk karakteristik sisa Chlor diharapkan bernilai maksimal 1 mg/l, namun pada produksi yang terlaksana bulan Januari hingga Juli 2018 masih terdapat beberapa pengamatan yang menghasilkan air produksi dengan kandungan Chlor di luar spesifikasi perusahaan seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4. 3 Grafik Kandungan Sisa Chlor Air Produksi

Gambar 4.3 menunjukkan kandungan zat organik pada produksi air di instalasi Ngagel I periode Januari hingga Juli 2018. Pada Gambar 4.3 terlihat bahwa terdapat beberapa pengamatan yang melebihi area warna biru muda. Selain itu pada Gambar 4.3 terlihat bahwa pada titik pengamatan ke 150 hingga 200 cenderung

turun dari rata-rata. Hal tersebut dapat diindikasikan karena pada grafik terlihat untuk garis warna merah cenderung mengalami penurunan mulai pengamatan 150. Hal tersebut menunjukkan bahwa perlu dilakukan pengecekan terhadap produksi pada periode Mei hingga Juli apakah terdapat hal yang bermasalah selama produksi berlangsung sehingga menyebabkan sisa Chlor cenderung turun. Selanjutnya terdapat karakteristik lain yaitu pH yang mana telah ditetapkan batas spesifikasi oleh perusahaan yakni 6,5-8,5. Berikut merupakan grafik dari karakteristik pH air.



Gambar 4. 4 Grafik Nilai pH Air Produksi

Pada Gambar 4.4 terlihat bahwa terdapat 1 observasi berada di luar area grafik berwarna biru muda, yang artinya masih ada pengamatan yang melebihi batas spesifikasi pH dari perusahaan. Oleh karena itu perlu dilakukan peninjauan yang lebih terhadap kandungan pH pada air produksi agar kualitasnya terjaga hingga di tangan konsumen.

4.2 Uji Dependensi antar Variabel

Karakteristik kualitas air yang digunakan pada penelitian ini ada empat variabel yaitu Zat organik (KMnO_4), kekeruhan, sisa

chlor, dan pH. Secara ilmiah dan berdasarkan kondisi di laboratorium, keempat variabel tersebut saling berhubungan, dimana kekeruhan pada air bisa menaikkan kebutuhan akan KMnO_4 dan meningkatkan sisa *chlor* pada air hasil produksi, dengan begitu pH yang terkandung dalam air dapat meningkat. Sehingga untuk memeriksa hubungan antar variabel secara statistik apakah antar karakteristik air tersebut saling dependen digunakan uji Barlett. Nilai statistik uji Bartlett akan dibandingkan dengan *chi-square* tabel dimana dengan taraf kepercayaan $\alpha = 5\%$ maka H_0 ditolak jika $x_{hitung}^2 > x_{(\alpha; \frac{1}{2}p(p-1))}^2$. Hasil perhitungan berdasarkan

persamaan (2.1) yang dijelaskan pada Tabel 4.3 adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 3 Uji Dependensi

<i>Chi-Square</i>	<i>Df</i>	<i>P-value</i>
28,057	6	0.000

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa nilai *Chi-square* yang dihasilkan lebih besar dari nilai *Chi Square* tabel yaitu $\chi_{0.05,4}^2$ dengan derajat bebas 4 dan *alpha* 5% sebesar 7,815. sebesar 7,815. Sehingga dapat disimpulkan bahwa keempat variabel tersebut saling dependen. Selain itu jika dilihat dari *p-value* sebesar 0,000 maka nilai tersebut kurang dari *alpha*, sehingga didapatkan kesimpulan yang sama bahwa keempat karakteristik air saling dependen. Hal tersebut menguatkan teori bahwa keempat karakteristik air yang digunakan dalam penelitian ini merupakan karakteristik utama yang menentukan kualitas air dan saling berhubungan satu sama lain.

4.3 Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat

Pemeriksaan asumsi normal multivariat dilakukan untuk keempat variabel utama karakteristik kualitas air yaitu Zat organik (KMnO_4), kekeruhan, sisa *chlor*, dan pH. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan terhadap data sesuai metode Saphiro Wilks, didapatkan nilai sebagai berikut.

Tabel 4. 4 Pengujian Normal Multivariat

W^*	0,94498
$P\text{-value}$	$3,26 \times 10^{-7}$

Data dikatakan mengikuti distribusi normal multivariat jika $P\text{value} > 0,05$. Tabel 4.4 menunjukkan bahwa dari hasil W^* sebesar 0,94498 dengan nilai $p\text{-value}$ sebesar $3,26 \times 10^{-7}$. Dengan menggunakan taraf signifikansi (α) sebesar 5%, maka dapat diputuskan tolak hipotesis nol karena nilai $P\text{value}$ tersebut kurang dari nilai α 5%. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa data tidak berdistribusi normal multivariat.

4.4 Penentuan Batas Kontrol Atas (*Upper Control Limit*)

Pada penelitian ini, batas kontrol yang digunakan adalah menggunakan dua pendekatan. Pendekatan pertama menggunakan batas kontrol sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Reynolds dan Stoumbos (2008) yang menetapkan batas kontrol untuk jumlah karakteristik kualitas sebesar 4 dan ukuran subgrup sebesar 1 sedemikian hingga mendapatkan nilai *in control Average Time To Signal (ATS)* sebesar 800. Pendekatan kedua dilakukan dengan simulasi untuk mendapatkan ARL (*Average Run Length*) sebesar 370. Nilai *in control* ARL sebesar 370 menghasilkan peluang terjadinya suatu titik pengamatan keluar dari batas kontrol sebesar 0,0027 atau biasa disebut dengan pengontrolan batas tiga sigma (Montgomery, 2005).

Pada simulasi untuk mendapatkan batas kontrol, pembobot yang digunakan adalah 0,11989. Berdasarkan penelitian Reynolds and Cho (2006), nilai bobot optimum (λ) yang dapat digunakan adalah 0,11989 dan 0,026. Namun dari hasil simulasi pada penelitian tersebut yang didasarkan pada *Average Steady State Average Time To Signal (Average SSATS)* menunjukkan bahwa dengan bobot 0,11989 menghasilkan *Average Time To Signal* lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan bobot 0,026 untuk diagram kontrol MZ dan M_2Z^2 . Sehingga pada penelitian ini peneliti akan menggunakan bobot 0,11989 untuk simulasi ARL.

Langkah simulasi untuk mendapatkan ARL (*Average Run Length*) sebesar 370 adalah :

1. Membangkitkan data berdistribusi Normal Multivariat sebanyak 10.000 data dengan menggunakan parameter (matrik varian-kovarian dan *mean vector*) yang sesuai dengan data pengamatan pada fase I.

$$\Sigma = \begin{bmatrix} 2,2363 & 0,0577 & -0,0753 & -0,0501 \\ 0,0577 & 0,3481 & -0,0016 & 0,0065 \\ -0,0753 & -0,0016 & 0,0438 & 0,0021 \\ -0,0501 & 0,0065 & 0,0021 & 1,0131 \end{bmatrix}, \mu = \begin{bmatrix} 6,2269 \\ 1,2907 \\ 0,8646 \\ 7,0367 \end{bmatrix}$$

2. Selanjutnya, ditetapkan batas kontrol untuk masing-masing diagram MZ dan M_2Z^2 . Batas kontrol yang digunakan pertama kali adalah berdasarkan nilai kuantil dari statistik terurut dari yang terkecil untuk data asli pada fase I (sebanyak 151 pengamatan). Dikarenakan dalam penelitian ini menggunakan ARL 370 dimana mampu menghasilkan $\alpha = 0,27\%$, maka penghitungan nilai kuantil adalah nilai statistik ke- $(1 - 0,0027) \times 151 = 150,59$. Sehingga UCL pertama yang digunakan adalah nilai statistik ke-150, yaitu 153,51 untuk diagram M_2Z^2 dan 23,09 untuk diagram MZ.
3. Dilakukan pengambilan sampel *random* sebanyak 1000 data dari total 10.000 data yang dibangkitkan.
4. Meyiapkan rumus perhitung untuk statistik MZ dan M_2Z^2 . Data yang digunakan adalah sebanyak 1000 data yang telah dimbil dari sampel *random* sebelumnya.
5. Membuat program simula ARL pada lembar koding Macro Excel.
6. Program ARL dijalankan dan dilakukan pencatatan titik *out of control* pertama (*Run Length*).

7. Program ARL dijalankan kembali hingga 100 kali *running* sehingga didapatkan catatan titik *out of control* pertama (*Run Length*) sebanyak 100 titik.
8. Langkah selanjutnya adalah menghitung rata-rata dari data *Run Length* yang mana dalam hal ini disebut ARL (*Average Run Length*). Apabila ARL belum mencapai 370, maka dilakukan simulasi ulang.

Simulasi ulang untuk mendapatkan ARL sebesar 370 dilakukan dengan menggeser batas kontrol atas yang pertama kali digunakan. Penggeseran batas kontrol dilihat berdasarkan ARL yang diperoleh dari simulasi sebelumnya apakah terlalu cepat mendeteksi titik *out of control* (ARL lebih kecil dari target) atau lebih lambat mendeteksi titik *out of control* (ARL lebih besar dari target). Jika ARL yang dihasilkan lebih kecil dari target maka batas kontrol digeser dengan menambahkan nilai tertentu, begitupun sebaliknya. Begitu seterusnya dilakukan simulasi ulang hingga mendapatkan ARL sesuai target yaitu 370 dengan batas toleransi 0,2.

Berdasarkan simulasi yang dilakukan pada penelitian ini, didapatkan nilai ARL sebesar 370,07 untuk diagram M_2Z^2 dengan batas kontrol sebesar 292,84. Sedangkan untuk diagram MZ didapatkan ARL sebesar 370,04 dengan batas kontrol 14,81. Nilai batas kontrol tersebut yang selanjutnya digunakan untuk analisis pengendalian kualitas dengan metode kombinasi MEWMA. Hasil rekap simulasi lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran 5A dan Lampiran 5B.

4.5 Monitoring Variabilitas Proses dan Target Proses Fase I dengan Batas Kontrol Kriteria ATS

Pengendalian kualitas pada variabilitas dan target proses dilakukan dengan menggunakan peta kendali Kombinasi *Multivariate exponentially weighted moving Average* (MEWMA). Pada monitoring proses Fase I dilakukan untuk memperoleh taksiran parameter yang terkontrol, dimana dalam hal ini taksiran parameter tersebut adalah matrik varian-kovarian. Pengontrolan fase I dilakukan hingga menunjukkan proses yang terkontrol

sehingga mampu mendapatkan parameter yang *in control* yang kemudian digunakan untuk monitoring fase II. Selain itu monitoring fase I juga digunakan untuk melihat apakah proses produksi sebelum dilakukan perbaikan mesin pengaduk pada bak floulator terkendali secara statistik. Monitoring variabilitas proses dan target proses produksi air di instalasi Ngagel I Fase I menggunakan pembobot sebesar 0,11989 untuk batas kontrol dengan kriteria ATS yaitu 101,113 untuk monitoring variabilitas proses dan 18,225 untuk monitoring target proses.

Pada monitoring variabilitas proses, diperlukan perhitungan untuk mendapatkan nilai statistik M_2Z^2 . Sebagai contoh perhitungan,

1. Data observasi pertama pada fase I yaitu

$$X_1 = [5,11 \ 1,28 \ 1,03 \ 7,09]$$
2. Kemudian dihitung nilai standardized kuadrat dari tiap pengamatan sehingga untuk pengamatan pertama diperoleh nilai

$$Z_1^2 = [0,557 \ 0,0003 \ 0,623 \ 0,1223]$$
3. Dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.15 diperoleh nilai statistik EWMA yaitu

$$E_1^2 = [0,946 \ 0,8801 \ 0,954 \ 0,8947]$$
4. Sehingga bisa didapatkan nilai statistik MEWMA M_2Z^2 sesuai persamaan 2.17 dengan hasil $M_{21}^{Z^2} = 26,9$, dengan nilai faktor koreksinya adalah

$$(2c_\infty)^{-1} = \left(2 \left(\frac{\lambda}{2-\lambda} \right) \right)^{-1} = \left(2 \left(\frac{0,11989}{2-0,11989} \right) \right)^{-1} = 7,84$$

Sedangkan perhitungan dalam monitoring target proses adalah untuk memperoleh nilai statistik MZ. Sebagai contoh perhitungan,

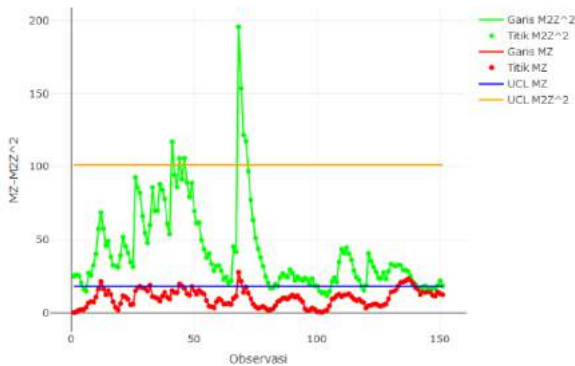
1. Digunakan data observasi pertama pada fase I yaitu

$$X_1 = [5,11 \ 1,28 \ 1,03 \ 7,09]$$

2. Kemudian dihitung nilai standardized dari tiap pengamatan sehingga untuk pengamatan pertama diperoleh nilai $Z_1 = [-0,746 \quad -0,018 \quad 0,789 \quad 0,349]$
3. Dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.12 diperoleh nilai statistik EWMA yaitu $E_1 = [-0,0895 \quad 0,0021 \quad 0,0946 \quad 0,0419]$
5. Sehingga bisa didapatkan nilai statistik MEWMA MZ sesuai persamaan 2.13 dengan hasil $M_1^Z = 0,41$, dengan nilai faktor koreksinya adalah

$$c_{\infty}^{-1} = \left(\frac{\lambda}{2-\lambda} \right)^{-1} = \left(\frac{0,11989}{2-0,11989} \right)^{-1} = 15,68$$

Monitoring proses dilakukan dengan menggunakan 2 macam batas kontrol yaitu sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Reynolds dan Stoumbus (2008) dan dari hasil simulasi ARL. Monitoring yang pertama dilakukan dengan menggunakan batas kontrol sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Reynolds dan Stoumbus (2008). Hasil monitoring variabilitas proses dan target proses Fase I dengan batas kontrol 101,113 dan 18,225 ditunjukkan pada Gambar 4.5.



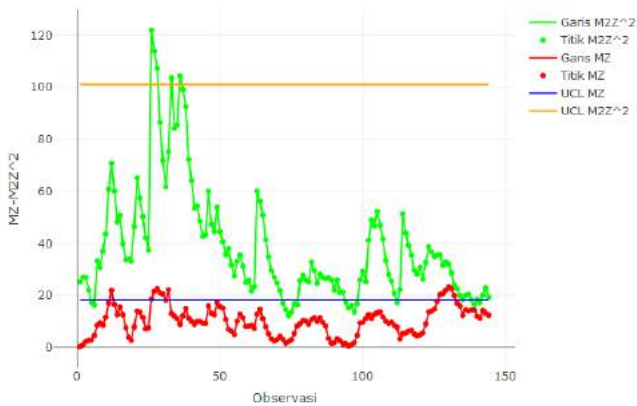
Gambar 4. 5 Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ Instalasi Ngagel I fase I dengan Batas Kontrol Kriteria ATS

Pada Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa terdapat 2 buah grafik yang dibedakan berdasarkan warna hijau dan warna merah. Warna tersebut membedakan masing-masing statistik, grafik warna hijau merupakan nilai-nilai statistik M_2Z^2 dimana grafik ini digunakan untuk memonitor variabilitas proses, sedangkan warna merah merupakan nilai-nilai statistik MZ yang digunakan untuk memonitor target proses. Selain itu pada Gambar 2 terdiri dari 2 garis horizontal yang dibedakan berdasarkan warna orange dan biru. Garis warna orange merupakan batas kontrol atas untuk diagram kontrol M_2Z^2 sedangkan garis warna biru merupakan batas kontrol atas untuk diagram MZ.

Berdasarkan diagram kontrol MZ dan M_2Z^2 pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa variabilitas proses belum terkendali secara statistik. Hal ini ditunjukkan dengan adanya 7 pengamatan yang *out of control* atau pengamatan yang berada di luar batas kontrol atas (UCL) diagram M_2Z^2 yaitu sebesar 101,113. Pengamatan yang berada di luar batas kontrol antara lain pengamatan ke 41, 44, 46, dan lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3A. Kondisi ini menyebabkan proses produksi air di instalasi Ngagel I pada bulan Januari sampai dengan Mei 2018 belum stabil dari segi variabilitas proses. Selain itu, untuk target proses sendiri juga belum terkendali secara statistik. Hal ini terlihat pada Gambar 4.5 yang menunjukkan adanya titik pengamatan yang berada di luar batas kontrol MZ sebesar 18,225 yaitu sebanyak 13 pengamatan. Hal ini mengindikasikan bahwa proses produksi air di instalasi Ngagel I pada bulan Januari hingga Mei 2018 belum stabil dari segi variabilitas maupun target proses.

Langkah monitoring proses pada fase II memerlukan parameter *in control* dari fase I. Oleh karena itu pada fase I perlu dilakukan pengontrolan dengan menghapus pengamatan *out of control* sehingga didapatkan proses *in control* dan dapat dilakukan perbaikan atau *treatment* lain setelah mengetahui penyebab titik pengamatan yang *out of control*. Pengontrolan difokuskan terlebih dahulu untuk variabilitas proses dengan menanyakan lebih jelas

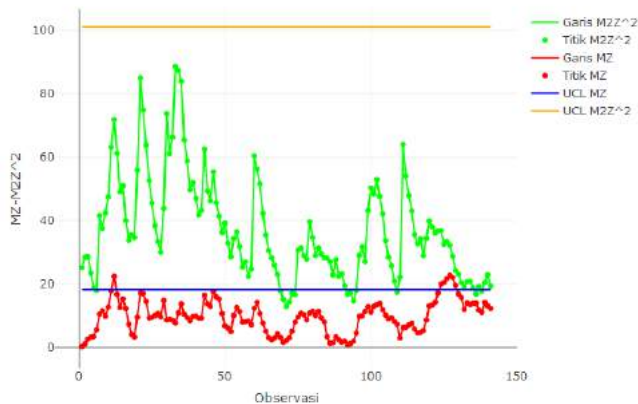
kepada perusahaan mengenai apa penyebab titik pengamatan tertentu pada variabilitas proses melebihi batas kontrol. Berdasarkan hasil *brainstorming* dengan perusahaan didapatkan informasi bahwa penyebab kondisi *out of control* pada fase I adalah kondisi air baku yang sedang kotor, terlambatnya kedatangan pasir filtrasi, kondisi alat ukur yang sudah memburuk, pengadukan pada bak flokulator bermasalah dan juga terdapat salah satu selenoit filter yang macet. Hasil pengontrolan pada fase I setelah pengamatan *out of control* dihilangkan dari perhitungan dapat dilihat pada Gambar 4.6 sebagai berikut.



Gambar 4. 6 Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ instalasi Ngagel I fase I
Pengontrolan 1 dengan Batas Kontrol Kriteria ATS

Pada Gambar 4.6 menunjukkan bahwa variabilitas proses belum terkendali secara statistik, hal tersebut karena masih terdapat 5 pengamatan yang berada di luar batas kontrol antara lain pengamatan ke 25, 26, 27 dan lebih lengkapnya dapat dilihat di Lampiran 1B. Selain itu untuk target proses juga belum terkendali karena masih terdapat 13 titik pengamatan yang keluar dari batas kontrol diagram MZ. Hal tersebut menunjukkan bahwa setelah dilakukan pengontrolan variabilitas proses dengan mengidentifikasi penyebab *out of control* dengan melakukan penghapusan pengamatan, masih perlu dilakukan pengontrolan

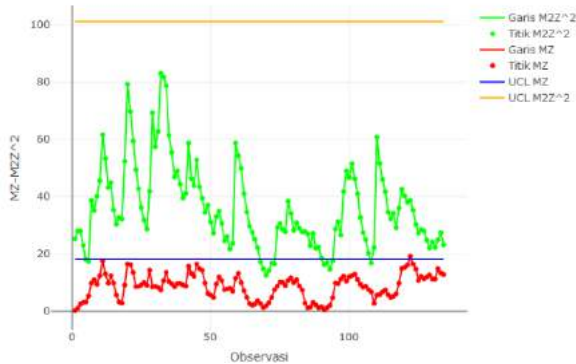
kembali untuk mendapatkan diagram kontrol MZ dan M_2Z^2 yang terkendali secara statistik. Setelah dilakukan diskusi dengan pihak perusahaan, penyebab *out of control* adalah kondisi air baku yang sedang kurang bagus di periode awal tahun. Berdasarkan hal itu, dilakukan penghapusan data yang keluar dari batas kontrol dan diketahui penyebabnya. Sehingga diperoleh diagram kontrol sebagai berikut.



Gambar 4. 7 Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ instalasi Ngagel I fase I
Pengontrolan 2 dengan Batas Kontrol Kriteria ATS

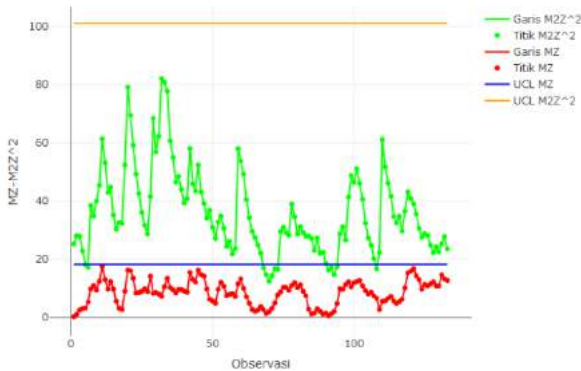
Setelah dilakukan pengontrolan variabilitas proses yang ke dua, diagram kontrol MZ dan M_2Z^2 pada Gambar 4.7 menunjukkan bahwa variabilitas proses sudah terkendali secara statistik dengan terdapat 7 pengamatan pada target proses yang berada di luar batas kontrol. Langkah selanjutnya adalah pengontrolan untuk target proses dengan menanyakan lebih jelas kepada perusahaan mengenai apa penyebab titik pengamatan tertentu pada variabilitas proses melebihi batas kontrol. Berdasarkan hasil *brainstorming* dengan perusahaan didapatkan informasi bahwa penyebab kondisi *out of control* adalah pengadukan pada bak flokulator bermasalah dan juga kondisi air baku yang kurang baik. Namun setelah dilakukan penghapusan pengamatan yang keluar batas kontrol, masih terdapat 1

pengamatan yang melebihi batas yaitu pengamatan ke-122 seperti pada Gambar 4.8 sebagai berikut.



Gambar 4.8 Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ instalasi Ngagel I fase I
Pengontrolan 3 dengan Batas Kontrol Kriteria ATS

Setelah dilakukan diskusi dengan perusahaan, penyebab titik pengamatan ke-122 keluar batas kontrol adalah pengadukan pada bak flokulator yang masih bermasalah. Dengan begitu pengamatan ke-122 dapat dihilangkan sehingga didapatkan diagram kontrol yang sudah stabil seperti yang tunjukkan pada Gambar 4.8 sebagai berikut.



Gambar 4.9 Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ instalasi Ngagel I fase I
Pengontrolan 4 dengan Batas Kontrol Kriteria ATS

Setelah didapatkan proses *in control* maka dapat dilakukan perbaikan atau *treatment* lain sehingga produksi air kedepannya lebih maksimal dan kualitasnya lebih baik. Oleh ena itu parameter *in control* dar pengontrolan ke 4 dapat digunakan untuk memonitor proses produksi air di instalasi Ngagel I pada fase II. Parameter tersebut merupakan matrik varian kovarian seperti berikut. Untuk memonitor variabilitas proses pada fase II adalah

$$\Sigma_{z0}^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0,0002 & 0,0574 & 0,0503 \\ 0,0002 & 1 & 0,0018 & 0,0121 \\ 0,0574 & 0,0018 & 1 & 0,0023 \\ 0,0503 & 0,0121 & 0,0023 & 1 \end{bmatrix}.$$

Matriks di atas merupakan nilai kovarian dan varian untuk masing-masing variabel dengan variabel lainnya. Pada kolom satu merupakan nilai varians dan kovarian dari variabel Zat organik (KMnO_4) sedangkan pada kolom ke dua, ke tiga, dan ke empat berturut turut adalah variabel kekeruhan, sisa *chlor*, dan pH. Begitupun untuk baris ke dua, tiga, dan keempat adalah nilai varians dan kovarian variabel kekeruhan, sisa *chlor*, dan pH. Sebagai contoh, angka 1 pada baris ke satu kolom ke satu adalah nilai varians variabel Zat organik (KMnO_4). Sedangkan nilai 0,0002 pada baris ke dua kolom ke satu merupakan kovarian variabel kekeruhan dan Zat organik (KMnO_4) yang menunjukkan ukuran hubungan linier antara kedua variabel terkait. Berikut merupakan matrik varian-kovarian yang digunakan untuk memonitor target proses pada fase II.

$$\Sigma_{z0} = \begin{bmatrix} 1 & 0,0147 & -0,2379 & -0,2224 \\ 0,0147 & 1 & -0,0429 & 0,1101 \\ -0,2379 & -0,0429 & 1 & 0,0479 \\ -0,2224 & 0,1101 & 0,0479 & 1 \end{bmatrix}$$

4.6 Monitoring Variabilitas Proses dan Target Proses Fase I dengan Batas Kontrol Kriteria ARL

Monitoring proses selanjutnya dilakukan dengan menggunakan batas kontrol dengan pendekatan simulasi ARL. Pada simulasi dengan kriteria ARL, batas kontrol ditetapkan sedemikian hingga mendapatkan ARL 370. Setelah dilakukan simulasi didapatkan batas kontrol sebesar 14,81 untuk monitoring target proses dan 292,84 untuk monitoring variabilitas proses. Selain menggunakan pembobot seperti pada jurnal yaitu sebesar 0,11989, pada penelitian ini juga menggunakan 2 macam pembobot lain yang diperoleh dari simulasi percobaan diagram kontrol dengan menggunakan pembobot 0,1 hingga 0,9. Dalam menentukan pembobot yang optimum, dapat dilihat dari hasil hitungan selisih yang paling minimum antara batas kontrol atas dengan nilai statistik terjauh yaitu $|UCL - \max M_2Z^2|$ yang merupakan nilai error.

Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan $|UCL - \max M_2Z^2|$

Lambda	Max M_2Z^2	$UCL - \max M_2Z^2$	OOO M_2Z^2
0.1	185.3	107.54	0
0.2	242.003	50.837	0
0.3	289.98	2.86	0
0.4	323.51	30.67	1
0.5	344.651	51.811	1
0.6	356.38	63.54	1
0.7	361.52	68.68	1
0.8	362.385	69.545	1
0.9	360.596	67.756	1

Tabel 4.5 menunjukkan hasil perhitungan nilai statistik untuk variabilitas proses yaitu diagram kontrol M_2Z^2 dengan menggunakan pembobot yang berbeda. Pembobot yang dihunakan adalah 0,1 hingga 0,9 dengan kenaikan 0,1. Pada kolom kedua

tertulis nilai statistik M_2Z^2 maksimum untuk tiap pembobot. Sedangkan pada kolom ketiga merupakan selisih antara batas kontrol atas dengan nilai statistik maksimum yaitu $|UCL - \max M2Z2|$. Kemudian pada kolom terakhir atau kolom ke empat merupakan rekap banyak titik pengamatan yang keluar dari batas kontrol atas ketika menggunakan pembobot tertentu. Berdasarkan Tabel 4.5 terlihat bahwa ketika menggunakan pembobot 0,3 diperoleh nilai $|UCL - \max M2Z2|$ yang paling minimum. Sehingga untuk diagram kontrol M_2Z^2 akan menggunakan pembobot 0,3. Namun tidak terdapat satupun titik *out of control* pada diagram kontrol M_2Z^2 . Pada diagram MZ juga telah dilakukan perhitungan dengan hasil tertulis pada Tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan $|UCL - \max MZ|$

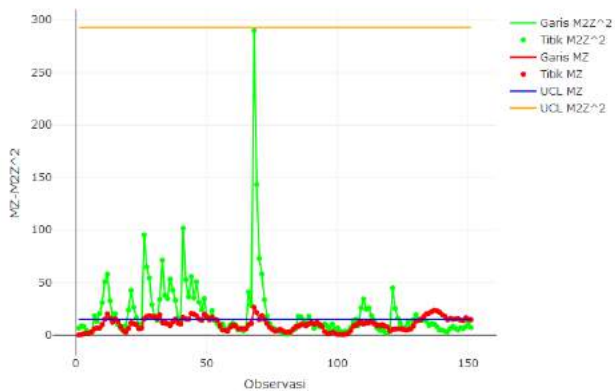
Lambda	Max MZ	$UCL - \max MZ$	OOO MZ
0.1	26.238	11.428	41
0.2	30.887	16.077	18
0.3	33.287	18.477	9
0.4	34.492	19.682	5
0.5	34.479	19.669	5
0.6	33.572	18.762	4
0.7	32.147	17.337	4
0.8	30.519	15.709	4
0.9	28.912	14.102	4

Berdasarkan hasil evaluasi diagram kontrol pada Tabel 4.6, terlihat bahwa semakin besar nilai pembobot akan menghasilkan titik *out of control* yang semakin sedikit. Jika dilihat dari nilai $|UCL - \max MZ|$, maka hasil yang paling minimum adalah ketika menggunakan pembobot sebesar 0,1 dengan jumlah titik *out of control* yang paling banyak. Namun dalam penelitian tidak hanya

menggunakan pembobot 0,1 untuk diagram kontrol MZ dan 0,3 untuk diagram kontrol M_2Z^2 . Pembobot lain yang digunakan adalah 0,4 untuk kedua diagram kontrol. Ketika menggunakan pembobot 0,3 untuk diagram kontrol M_2Z^2 tidak dihasilkan titik *out of control*, yang artinya variabilitas proses telah stabil sebelum dilakukan pengontrolan. Selain itu juga ketika diagram kontrol MZ menggunakan pembobot 0,1 maka titik *out of control* yang dihasilkan cukup banyak yaitu 41 pengamatan sehingga ada kemungkinan diagram kontrol terlalu sensitif terhadap *out of control*. Oleh karena itu, dalam penelitian ini juga akan menggunakan pembobot lain yang menghasilkan titik *out of control* pada diagram MZ maupun M_2Z^2 yaitu sebesar 0,4. Berdasarkan Tabel 4.6 terlihat bahwa ketika menggunakan pembobot sebesar 0,4 maka banyak titik *out of control* pada diagram MZ adalah 5 pengamatan, dan 1 pengamatan pada diagram M_2Z^2 . Sehingga pembobot 0,4 juga akan digunakan pada penelitian ini untuk mengetahui perbedaan ketika menggunakan pembobot yang dapat menghasilkan titik *out of control* pada variabilitas proses.

4.6.1 Hasil Monitoring Variabilitas Proses dan Target Proses Fase I dengan Pembobot 0,3 dan 0,1

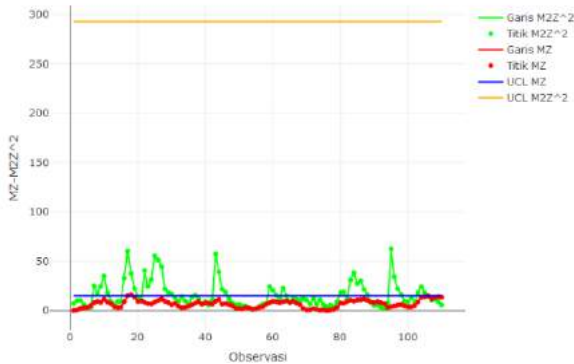
Monitoring variabilitas proses dan target proses Produksi Air di Instalasi Ngagel I Fase I ketika menggunakan batas kontrol sebesar 14,81 untuk target proses dan 292,84 untuk monitoring variabilitas. Dalam hal ini akan menggunakan tiga macam pembobot. Bahasan pertama adalah monitoring dengan pembobot 0,3 untuk variabilitas proses dan 0,1 untuk target proses. Berikut merupakan hasil monitoring variabilitas proses dan target proses Fase I dengan pembobot 0,3 dan 0,1.



Gambar 4. 10 Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase I dengan Batas Kontrol
Kriteria ARL (pembobot 0,3 dan 0,1)

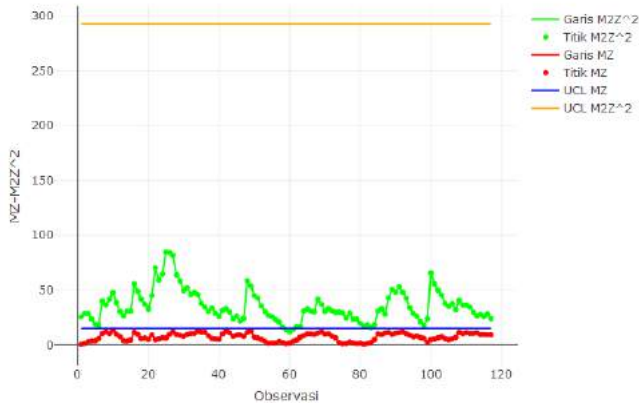
Berdasarkan diagram kontrol MZ dan M_2Z^2 pada Gambar 4.10 menunjukkan bahwa variabilitas proses sudah terkendali secara statistik. Hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya pengamatan yang *out of control* atau pengamatan yang berada di luar batas kontrol atas (UCL) diagram M_2Z^2 yaitu sebesar 292,84. Kondisi ini menyebabkan proses produksi air di instalasi Ngagel I pada bulan Januari hingga Mei 2018 telah stabil dari segi variabilitas proses. Selain itu, untuk target proses belum terkendali secara statistik. Hal ini terlihat pada Gambar 4.10 yang menunjukkan adanya titik pengamatan yang berada di luar batas kontrol MZ sebesar 14,81 yaitu sebanyak 41 pengamatan. Di sisi lain, langkah monitoring proses pada fase II memerlukan parameter *in control* dari fase I. Sehingga perlu dilakukan pengontrolan dengan berdiskusi dengan perusahaan mengenai penyebab terjadinya banyak titik *out of control*. Berdasarkan hasil *brainstorming* dengan perusahaan didapatkan informasi bahwa penyebab kondisi *out of control* pada fase I adalah terdapat salah satu pengadukan pada bak flokulator bermasalah, kondisi air baku yang sedang kotor, kondisi alat ukur yang sudah memburuk dan juga terdapat salah satu selenoit filter yang macet. Hasil

pengontrolan pada fase I setelah pengamatan *out of control* dihilangkan dari perhitungan dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase I Pengontrolan 1 dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,3 dan 0,1)

Pada Gambar 4.11 menunjukkan bahwa variabilitas proses telah terkendali secara statistik, namun target proses belum terkendali karena masih terdapat 2 titik pengamatan yang keluar dari batas kontrol diagram MZ yaitu pengamatan ke 17 dan 18. Sehingga perlu dilakukan pengontrolan ulang dan setelah diketahui penyebab keluarnya titik pengamatan tersebut dapat dilakukan penghapusan data. Setelah dilakukan diskusi dengan perusahaan, penyebab titik pengamatan keluar batas kontrol adalah pengadukan pada bak flokulator yang masih bermasalah sehingga dapat dikeluarkan dari pengamatan. Setelah pengamatan *out of control* dihilangkan, didapatkan hasil diagram kontrol sebagai berikut.



Gambar 4. 12 Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase I Pengontrolan 2 dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,3 dan 0,1)

Berdasarkan diagram kontrol MZ dan M_2Z^2 pada Gambar 4.12 menunjukkan bahwa variabilitas dan target proses sudah terkendali secara statistik. Dengan begitu parameter pada diagram kontrol MZ dan M_2Z^2 setelah dilakukan pengontrolan 2 kali dapat digunakan untuk memonitor proses produksi air di instalasi Ngagel I pada fase II. Parameter tersebut merupakan matrik varian kovarian seperti berikut. Untuk memonitor variabilitas proses pada fase II adalah

$$\Sigma_{Z0}^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0,003 & 0,0559 & 0,0786 \\ 0,003 & 1 & 0,0032 & 0,0138 \\ 0,0559 & 0,0032 & 1 & 0,0143 \\ 0,0786 & 0,0138 & 0,0143 & 1 \end{bmatrix}$$

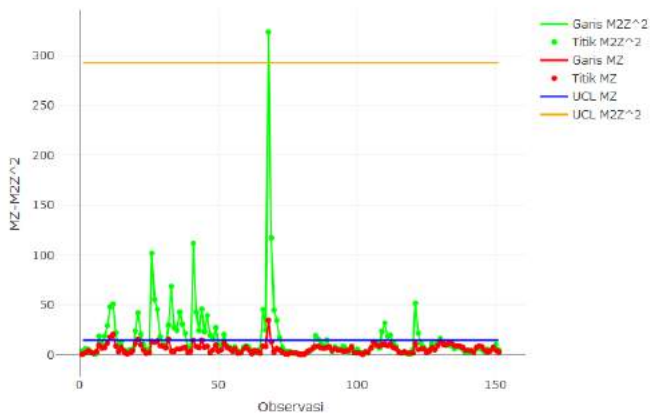
Matriks di atas merupakan nilai kovarian dan varian untuk masing-masing variabel dengan variabel lainnya. Pada kolom satu merupakan nilai varians dan kovarian dari variabel Zat organik (KMnO_4) sedangkan pada kolom ke dua, ke tiga, dan ke empat berturut turut adalah variabel kekeruhan, sisa *chlor*, dan pH.

Begitupun untuk baris ke dua, tiga, dan keempat adalah nilai varians dan kovarian variabel kekeruhan, sisa *chlor*, dan pH. Sebagai contoh, angka 1 pada baris ke satu kolom ke satu adalah nilai varians variabel Zat organik (KMnO_4). Sedangkan nilai 0,003 pada baris ke dua kolom ke satu merupakan kovarian variabel kekeruhan dan Zat organik (KMnO_4) yang menunjukkan ukuran hubungan linier antara kedua variabel terkait. Berikut merupakan matrik varian-kovarian yang digunakan untuk memonitor target proses pada fase II.

$$\Sigma_{z0} = \begin{bmatrix} 1 & 0,0554 & -0,2366 & -0,2804 \\ 0,0554 & 1 & -0,057 & 0,1176 \\ -0,2366 & -0,057 & 1 & 0,1197 \\ -0,2804 & 0,1176 & 0,1197 & 1 \end{bmatrix}$$

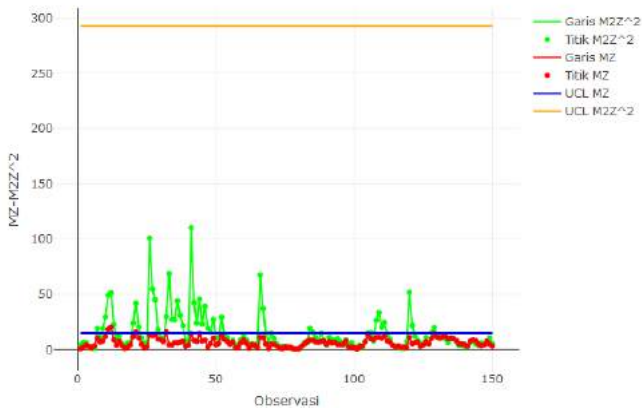
4.6.2 Hasil Monitoring Variabilitas Proses dan Target Proses Fase I dengan Pembobot 0,4

Pengendalian kualitas pada variabilitas dan target proses yang selanjutnya adalah dengan menggunakan pembobot sebesar 0,4 untuk diagram kontrol MZ maupun M_2Z^2 . Karena berdasarkan evaluasi bahwa ketika menggunakan pembobot 0,4 untuk kedua diagram kontrol akan menghasilkan *out of control* pada diagram kontrol M_2Z^2 sebanyak 1 pengamatan dan diagram kontrol MZ sebanyak 5. Sehingga pembobot 0,4 dapat digunakan untuk mengetahui perbedaan ketika menggunakan pembobot yang dapat menghasilkan titik *out of control* pada variabilitas proses Berikut merupakan penerapan pembobot 0,4 untuk kedua diagram kontrol.



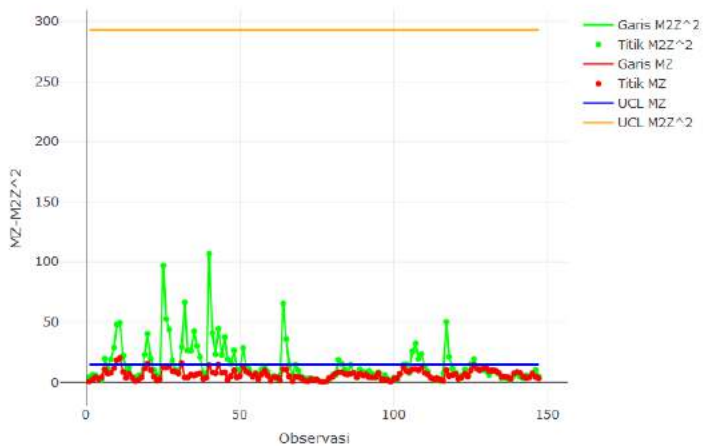
Gambar 4. 13 Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,4)

Pada Gambar 4.13 menunjukkan bahwa variabilitas proses belum terkendali secara statistik, hal tersebut karena terdapat 1 pengamatan yang berada di luar batas kontrol yaitu pengamatan ke 68. Selain itu untuk target proses juga belum terkendali karena masih terdapat 5 titik pengamatan yang keluar dari batas kontrol diagram MZ yaitu titik pengamatan ke 11, 12, 21, 32, dan 68. Hal tersebut menunjukkan bahwa perlu dilakukan pengontrolan variabilitas proses dengan mengidentifikasi penyebab *out of control* yaitu pengamatan ke 68 dengan melakukan penghapusan jika penyebabnya diketahui. Setelah dilakukan diskusi dengan pihak perusahaan, penyebab *out of control* adalah terdapat salah satu pengadukan pada bak flokulator bermasalah. Berdasarkan hal itu, dilakun penghapusan data yang keluar dari batas kontrol dan diketahui penyebabnya. Sehingga diperoleh diagram kontrol sebagai berikut.



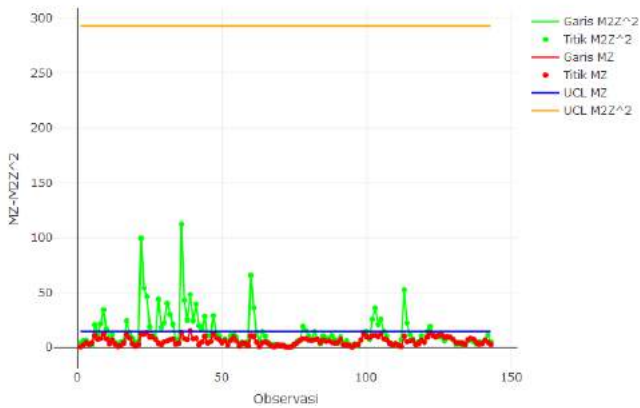
Gambar 4. 14 Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase I Pengontrolan 1 dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,4)

Berdasarkan diagram kontrol MZ dan M_2Z^2 pada Gambar 4.14 menunjukkan bahwa variabilitas telah terkendali secara statistik namun target proses belum terkendali secara statistik. Terdapat 4 pengamatan pada diagram kontrol MZ yang keluar batas, sehingga perlu dilakukan pengontrolan dengan diskusi bersama perusahaan. Berdasarkan hasil *brainstorming* dengan perusahaan didapatkan informasi bahwa penyebab kondisi *out of control* adalah kondisi air baku yang kurang baik dan terdapat pengadukan pada bak flokulator bermasalah. Namun penyebab yang diketahui hanyalah untuk titik pengamatan ke 11, 12, dan 21 sedangkan titik pengamatan ke-32 tidak diketahui. Berikut merupakan diagram kontrol hasil pengontrolan ke 1.



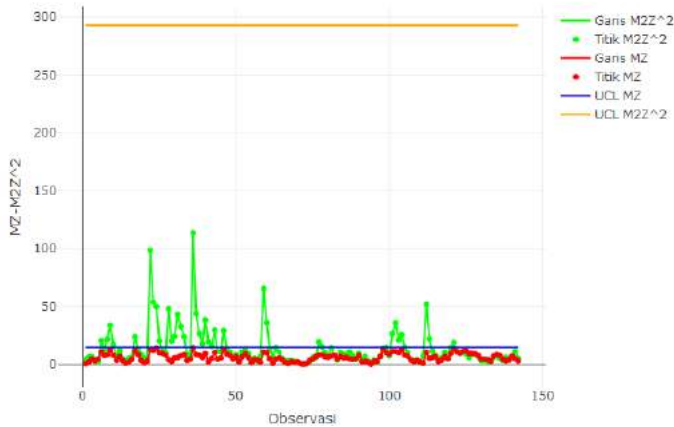
Gambar 4. 15 Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase I Pengontrolan 2 dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,4)

Pada Gambar 4.15 menunjukkan bahwa target proses masih belum terkendali karena masih terdapat 2 titik pengamatan yang keluar dari batas kontrol diagram MZ. Hal tersebut menunjukkan bahwa setelah dilakukan pengontrolan target proses dengan mengidentifikasi penyebab *out of control* dengan melakukan penghapusan pengamatan, masih perlu dilakukan pengontrolan kembali untuk mendapatkan diagram kontrol MZ terkendali secara statistik. Setelah dilakukan diskusi dengan pihak perusahaan, penyebab *out of control* adalah kondisi air baku yang sedang kurang bagus di periode awal tahun. Berdasarkan hal itu, dilakukan penghapusan data yang keluar dari batas kontrol dan diketahui penyebabnya. Sehingga diperoleh diagram kontrol sebagai berikut.



Gambar 4. 16 Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase I Pengontrolan 3 dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,4)

Setelah dilakukan pengontrolan variabilitas proses yang ke dua, diagram kontrol MZ dan M_2Z^2 pada Gambar 4.16 menunjukkan bahwa target proses masih belum terkendali karena masih terdapat 1 titik pengamatan yang keluar dari batas kontrol diagram MZ yaitu pengamatan ke 39. Berdasarkan hasil *brainstorming* dengan perusahaan didapatkan informasi bahwa penyebab kondisi *out of control* adalah pengadukan pada bak flokulator bermasalah. Setelah dilakukan penghapusan pengamatan ke 39, sudah tidak terdapat pengamatan yang keluar batas kontrol seperti pada Gambar 4.16 berikut.



Gambar 4. 17 Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase I Pengontrolan 4 dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,4)

Gambar 4.17 menunjukkan proses yang telah stabil ketika mengguakan batas kontrol sebesar 14,81 untuk monitoring target proses dan 292,84 untuk monitoring variabilitas proses dengan pembobot 0,4. Dengan begitu parameter pada diagram kontrol MZ dan M_2Z^2 setelah dilakukan pengontrolan 4 kali dapat digunakan untuk memonitor proses produksi air di instalasi Ngagel I pada fase II. Parameter tersebut merupakan matrik varian kovarian seperti berikut.

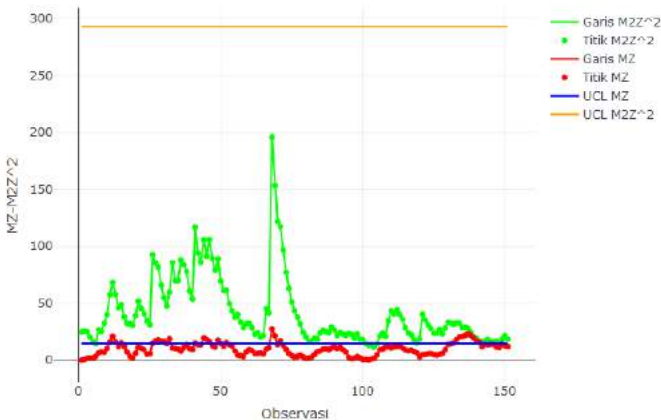
$$\Sigma_{Z_0}^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0,0057 & 0,0922 & 0,0442 \\ 0,0057 & 1 & 0,001 & 0,0057 \\ 0,0922 & 0,001 & 1 & 0,0012 \\ 0,0442 & 0,0057 & 0,0012 & 1 \end{bmatrix}$$

Matriks di atas merupakan matrik varian-kovarian yang digunakan untuk memonitor variabilitas proses. Sedangkan matrik varian-kovarian yang digunakan untuk memonitor target proses pada fase II adalah sebagai berikut

$$\Sigma_{z_0} = \begin{bmatrix} 1 & 0,0757 & -0,3036 & -0,2103 \\ 0,0757 & 1 & 0,0319 & 0,0758 \\ -0,3036 & 0,0319 & 1 & 0,0355 \\ -0,2103 & 0,0758 & 0,0355 & 1 \end{bmatrix}$$

4.6.3 Hasil Monitoring Variabilitas Proses dan Target Proses Fase I dengan Pembobot 0,11989

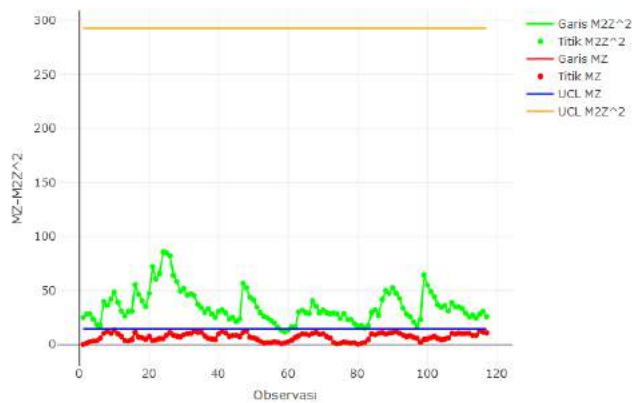
Monitoring variabilitas proses dan target proses Produksi Air di Instalasi Ngagel I Fase I ketika menggunakan batas kontrol sebesar 14,81 untuk target proses dan 292,84 untuk monitoring variabilitas. Bahasan yang ke tiga yakni ketika menggunakan pembobot 0,11989 untuk kedua diagram kontrol. Berikut merupakan analisis monitoring variabilitas dan target proses untuk pendekatan kriteria ARL dengan pembobot 0,11989.



Gambar 4. 18 Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase I dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,11989)

Pada Gambar 4.18 menunjukkan bahwa variabilitas proses telah terkendali secara statistik, hal tersebut karena tidak terdapat pengamatan yang berada di luar batas kontrol. Namun untuk target proses belum terkendali secara statistik karena masih terdapat 30

titik pengamatan yang keluar dari batas kontrol diagram MZ. Hal tersebut menunjukkan bahwa perlu dilakukan pengontrolan target proses dengan mengidentifikasi penyebab *out of control*. Setelah dilakukan diskusi dengan pihak perusahaan, penyebab *out of control* adalah terdapat salah satu pengadukan pada bak flokulator bermasalah dan juga sumber air di awal tahun yang keruh. Berdasarkan hal itu, dilakukan penghapusan data yang keluar dari batas kontrol dan diketahui penyebabnya. Langkah tersebut dilakukan hingga 2 kali monitoring dan diperoleh diagram kontrol sebagai berikut.



Gambar 4. 19 Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase I Pengontrolan 2 dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,11989).

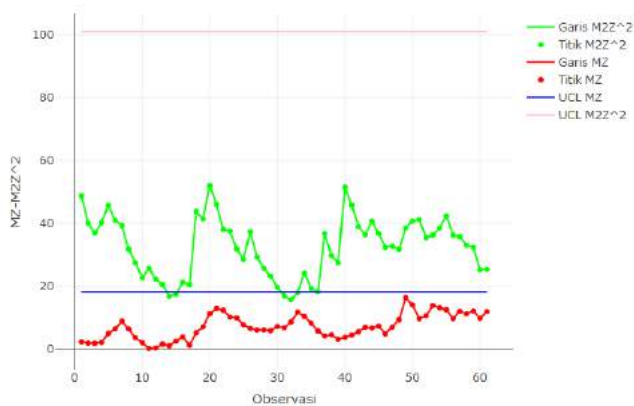
Gambar 4.19 menunjukkan proses yang telah stabil ketika menggunakan batas kontrol sebesar 14,81 untuk monitoring target proses dan 292,84 untuk monitoring variabilitas proses dengan pembobot 0,11989. Dengan begitu parameter pada diagram kontrol MZ dan M_2Z^2 setelah dilakukan pengontrolan 2 kali dapat digunakan untuk memonitor proses produksi air di instalasi Ngagel I pada fase II.

4.7 Monitoring Variabilitas Proses dan Target Proses pada Produksi Air di Instalasi Ngagel I Fase II

Monitoring proses pada fase II dilakukan untuk melihat kestabilan proses setelah dilakukan *maintenance* mesin pada instalasi Ngagel I yaitu proses produksi periode Juni hingga Juli 2018. Pada fase II menggunakan parameter dari fase I yaitu matrik varian-kovarian *in control*. Monitoring variabilitas proses dan target proses produksi air di instalasi Ngagel I Fase II menggunakan pembobot sebesar 0,11989 untuk batas kontrol dengan kriteria ATS yaitu 101,113 untuk monitoring variabilitas proses dan 18,225 untuk monitoring target proses. Selain itu peneliti menggunakan 2 pembobot yang berbeda ketika batas kontrol yang digunakan berdasarkan hasil simulasi ARL sebesar 292,84 untuk memonitoring variabilitas proses dan 14,81 untuk memonitoring target proses.

4.7.1 Hasil Monitoring Variabilitas Proses dan Target Proses Fase II dengan Batas Kontrol Kriteria ATS

Monitoring pada fase II yang pertama dilakukan dengan menggunakan batas kontrol atas sesuai dengan penelitian Reynolds dan Stoumbus (2008) yaitu 101,113 untuk monitoring variabilitas proses dan 18,225 untuk target proses. Fase II sendiri menggunakan parameter *in control* yaitu matriks varians kovarians dari fase I yang sudah stabil. Berdasarkan monitoring pada fase I didapatkan hasil *in control* setelah dilakukan pengontrolan sebanyak 4 kali. Berikut merupakan hasil variabilitas proses dan target proses Fase II dengan batas kontrol 101,113 dan 18,225.



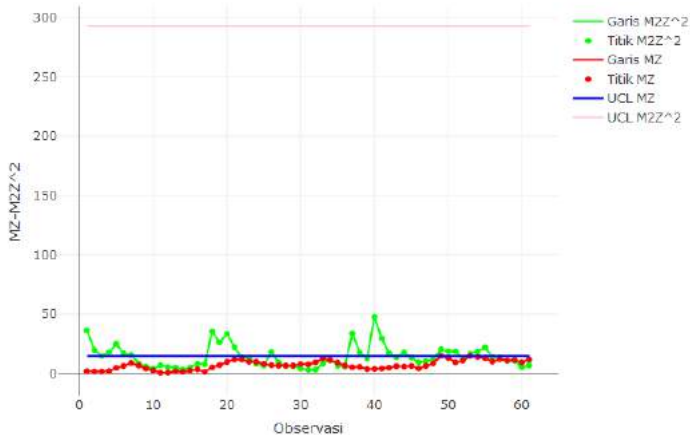
Gambar 4. 20 Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ instalasi Ngagel I fase II dengan Batas Kontrol Kriteria ATS

Berdasarkan Gambar 4.20 dapat dilihat bahwa proses produksi air di instalasi Ngagel I fase II atau pada period Juni hina Juli 2018 sudah stabil dari segi variabilitas proses dan target proses. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses produksi pada periode Juni hingga Juli 2018 sudah stabil dari segi variabilitas proses dan target proses ketika menggunakan batas kontrol sesuai dengan penelitian Reynolds dan Stoumbus (2008). Dengan begitu dapat diartikan bahwa setelah perbaikan mesin pengaduk pada bak flkulator, proses produksi telah stabil. Namun tetap dilakukan pengontrolan agar hasil produksi sesuai dengan ketentuan perusahaan.

4.7.2 Hasil Monitoring Variabilitas Proses dan Target Proses Fase II dengan Batas Kontrol Kriteria ARL Lamda 0,3 dan 0,1

Monitoring proses selanjutnya dilakukan dengan menggunakan batas kontrol dengan pendekatan simulasi ARL. Pada simulasi dengan kriteria ARL, batas kontrol ditetapkan sedemikian hingga mendapatkan ARL 370 atau rata-rata titik yang harus diplotkan sehingga muncul titik *out of control* pertama. Setelah dilakukan simulasi didapatkan batas kontrol sebesar 14,81

untuk monitoring target proses dan 292,84 untuk monitoring variabilitas proses. Monitoring yang pertama adalah dengan menggunakan pembobot 0,3 untuk variabilitas proses dan 0,1 untuk target proses. Hasil monitoring variabilitas proses dan target proses Fase II dengan dapat dilihat pada Gambar 4.18.



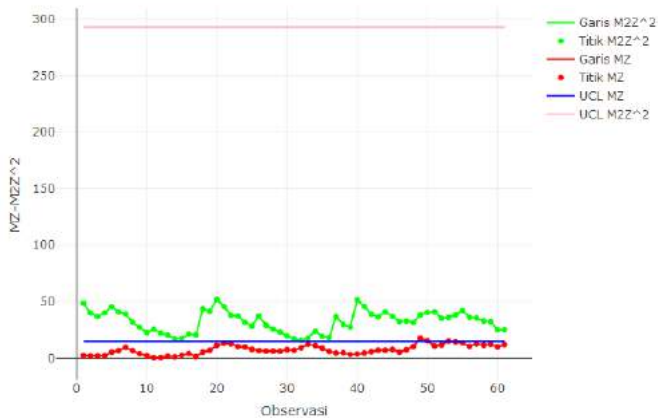
Gambar 4. 21 Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase II dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,3 dan 0,1)

. Gambar 4.21 menunjukkan bahwa proses produksi air di instalasi Ngagel I fase II ketika menggunakan batas kontrol 292,84 dan 14,81 dengan pembobot 0,3 dan 0,1 belum stabil dari segi target proses. Hal tersebut dikarenakan masih terdapat pengamatan yang berada di luar bats kontrol yakni pengamatan ke-49. Sehingga perlu dilakukan deteksi penyebab titik *out of control*. Deteksi penyebab pengamatan dilakukan dengan menggunakan kombinasi 3 variabel secara bergantian.

4.7.3 Hasil Monitoring Variabilitas Proses dan Target Proses Fase II dengan Batas Kontrol Kriteria ARL Lamda 0,4

Monitoring proses dengan batas kontrol sebesar 14,81 untuk target proses dan 292,84 untuk variabilitas proses yang selanjutnya adalah dengan menggunakan pembobot 0,4 untuk variabilitas proses maupun target proses. Setelah dilakukan monitoring di fase

I didapatkan hasil *in control* pada pengontrolan ke 4. Sehingga parameter (matriks varian kovarian) dari pengontrolan ke 4 tersebut dapat digunakan untuk memonitor fase II. Hasil monitoring variabilitas proses dan target proses Fase II dengan dapat dilihat pada Gambar 4.20.



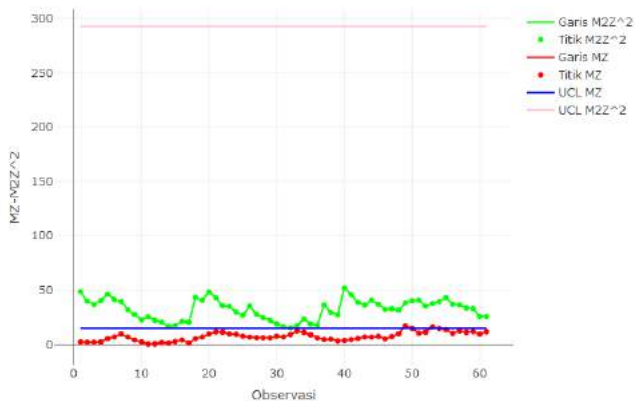
Gambar 4. 22 Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase II dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,4)

Berdasarkan Gambar 4.22 menunjukkan bahwa proses produksi air di instalasi Ngagel I fase II ketika menggunakan batas kontrol 292,84 dan 14,81 dengan pembobot 0,4 belum stabil dari segi target proses. Hal tersebut dikarenakan masih terdapat pengamatan yang berada di luar bats kontrol yakni pengamatan ke-49. Sehingga perlu dilakukan deteksi penyebab titik *out of control*. Deteksi penyebab pengamatan dilakukan dengan menggunakan kombinasi 3 variabel secara bergantian.

4.7.4 Hasil Monitoring Variabilitas Proses dan Target Proses Fase II dengan Batas Kontrol Kriteria ARL Lamda 0,11989

Monitoring proses dengan batas kontrol sebesar 14,81 untuk target proses dan 292,84 untuk variabilitas proses yang selanjutnya adalah dengan menggunakan pembobot 0,11989

untuk variabilitas proses maupun target proses. Setelah dilakukan monitoring di fase I didapatkan hasil *in control* pada pengontrolan ke 4. Sehingga parameter (matriks varian kovarian) dari pengontrolan ke 2 tersebut dapat digunakan untuk memonitor fase II. Hasil monitoring variabilitas proses dan target proses Fase II dengan dapat dilihat pada Gambar 4.22



Gambar 4. 23 Diagram Kontrol M_2Z^2 dan MZ fase II dengan Batas Kontrol Kriteria ARL (pembobot 0,11989)

Berdasarkan Gambar 4.23 menunjukkan bahwa proses produksi air di instalasi Ngagel I fase II ketika menggunakan batas kontrol 292,84 dan 14,81 dengan pembobot 0,11989 belum stabil dari segi target proses. Hal tersebut dikarenakan masih terdapat pengamatan yang berada di luar bats kontrol yakni pengamatan ke-49. Sehingga perlu dilakukan deteksi penyebab titik *out of control*. Deteksi penyebab pengamatan dilakukan dengan menggunakan kombinasi 3 variabel secara bergantian.

4.8 Identifikasi Penyebab *Out of Control*

Berdasarkan diagram kontrol kombinasi MEWMA yang telah dibuat didapatkan hasil kualitas air produksi PDAM Surya

Sembada Kota Surabaya pada fase II tidak terkendali secara statistik saat menggunakan batas kontrol dari hasil simulasi ARL yaitu 292,84 dan 14,81. Titik pengamatan yang keluar batas kontrol adalah pengamatan ke-49 baik ketika menggunakan pembobot 0,3 dan 0,1 ataupun dengan pembobot 0,4. Oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi penyebab *out of control* pada fase II untuk diagram kontrol dengan kriteria ARL. Identifikasi dilakukan dengan monitoring stabilitas proses secara multivariat dengan menggunakan kombinasi 3 variabel secara bergantian. Batas kontrol atas yang digunakan merupakan nilai hasil simulasi ARL dengan data sesuai dengan kombinasi. Kombinasi 3 variabel dilakukan dengan menghilangkan satu demi satu dari keempat variabel. Berikut merupakan rekap dari hasil identifikasi target proses penyebab *out of control* pada pengamatan ke-49 dengan menghilangkan variabel secara bergantian ketika pembobot yang digunakan adalah 0,3 dan 0,1.

Tabel 4. 7 Rekap Hasil Identifikasi dengan Pembobot 0,3 dan 0,1

Variabel yang dihilangkan	MZ	UCL	Keterangan
KMnO ₄	11,86	10,324	<i>out of control</i>
Kekeruhan	8,66	10,351	<i>in control</i>
Sisa Chlor (Cl₂)	10,01	10,202	<i>in control</i>
pH	12,35	10,71	<i>out of control</i>

Berdasarkan Tabel 4.7 diperoleh hasil bahwa ketika variabel KMnO₄ dihilangkan dari monitoring, maka pengamatan ke 49 berada di luar batas kontrol. Namun ketika variabel sisa Chlor yang tidak diikuti dalam monitoring, didapatkan hasil nilai statistik untuk pengamatan ke 49 telah *in control* atau berada di dalam batas kontrol atas. Selain itu ketika variabel kekeruhan yang tidak diikuti dalam monitoring, didapatkan hasil nilai statistik untuk pengamatan ke 49 juga *in control*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel sisa Chlor dan kekeruhan berkontribusi besar dalam menyebabkan pengamatan *out of control* pada titik

pengamatan ke 49. Oleh karena perbaikan proses difokuskan pada variabel sisa Chlor dan kekeruhan agar proses produksi selanjutnya menghasilkan air dengan kualitas yang lebih baik dan sesuai dengan spesifikasi perusahaan.

Titik pengamatan ke-49 juga keluar batas kontrol ketika menggunakan pembobot 0,4. Oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi penyebab *out of control* pada fase II untuk diagram kontrol dengan kriteria ARL. Langkah yang dilakukan untuk identifikasi sama dengan sebelumnya dan diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 4. 8 Rekap Hasil Identifikasi dengan Pembobot 0,4

Variabel yang dihilangkan	MZ	UCL	Keterangan
KMnO ₄	12,67	11,42	<i>out of control</i>
Kekeruhan	12,87	12,27	<i>out of control</i>
Sisa Chlor (Cl₂)	6,93	12,387	<i>in control</i>
pH	13,88	13,801	<i>out of control</i>

Tabel 4.8 menunjukkan bahwa ketika variabel KMnO₄ dihilangkan dari monitoring, maka pengamatan ke 49 berada di luar batas kontrol. Ketika variabel kekeruhan yang tidak diikuti dalam monitoring diperoleh hasil bahwa titik pengamatan ke-49 juga tidak terkontrol atau berada di luar batas kontrol. Namun ketika variabel sisa Chlor yang tidak diikuti dalam monitoring, didapatkan hasil nilai statistik untuk pengamatan ke 49 telah *in control* atau berada di bawah batas kontrol atas. Sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel sisa Chlor berkontribusi besar dalam menyebabkan pengamatan *out of control* pada titik pengamatan ke 49. Hal ini menunjukkan bahwa ketika menggunakan pembobot 0,3 dan 0,1 maupun 0,4 variabel penyebab *out of control* pada pengamatan ke 49 sama yaitu variabel sisa Chlor.

Titik pengamatan ke-49 juga keluar batas kontrol ketika menggunakan pembobot 0,11989. Oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi penyebab *out of control* pada fase II untuk diagram kontrol dengan kriteria ARL. Langkah yang dilakukan untuk

identifikasi sama dengan sebelumnya dan diperoleh hasil sebagai berikut

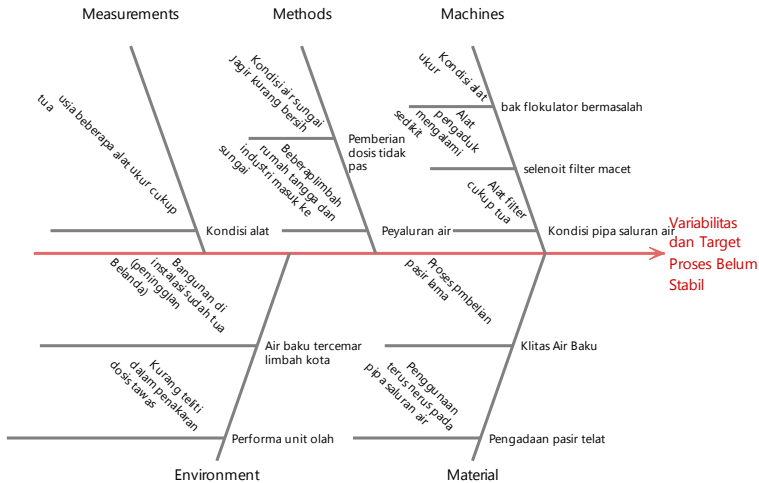
Tabel 4. 9 Rekap Hasil Identifikasi dengan Pembobot 0,11989

Variabel yang dihilangkan	MZ	UCL	Keterangan
KMnO ₄	13,088	10,78	<i>out of control</i>
Kekeruhan	10,155	10,51	<i>in control</i>
Sisa Chlor (Cl₂)	10,19	10,42	<i>in control</i>
pH	13,85	11,358	<i>out of control</i>

Pada Tabel 4.9 diperoleh hasil bahwa ketika variabel KMnO₄ dihilangkan dari monitoring, maka pengamatan ke 49 berada di luar batas kontrol. Namun ketika variabel sisa Chlor yang tidak diikutkan dalam monitoring, didapatkan hasil nilai statistik untuk pengamatan ke 49 telah *in control* atau berada di dalam batas kontrol atas. Selain itu ketika variabel kekeruhan yang tidak diikutkan dalam monitoring, didapatkan hasil nilai statistik untuk pengamatan ke 49 juga *in control*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel sisa Chlor dan kekeruhan berkontribusi besar dalam menyebabkan pengamatan *out of control* pada titik pengamatan ke 49. Oleh karena perbaikan proses difokuskan pada variabel sisa Chlor dan kekeruhan agar proses produksi selanjutnya menghasilkan air dengan kualitas yang lebih baik dan sesuai dengan spesifikasi perusahaan.

Selain monitoring dengan menggunakan kombinasi 3 variabel secara bergantian juga dilakukan *brainstorming* dengan perusahaan. Adanya titik *out of control* pada observasi setelah dilakukan perbaikan mesin pengadukan pada bak flokulator dikarenakan oleh beberapa aspek yang dapat digambarkan dengan diagram *fishbone* yaitu suatu grafik yang menggambarkan suatu hubungan antara masalah atau akibat dengan faktor-faktor penyebabnya. Masalah pada proses produksi ini adalah tidak terkontrol nya variabilitas proses dan target proses yang ditandai dengan adanya titik *out of control* pada diagram kontrol MZ dan

M_2Z^2 . Gambar 4.24 menunjukkan aspek-aspek yang menyebabkan variabilitas proses maupun target proses belum terkontrol secara statistik setelah dilakukan *maintenance* mesin. Faktor-faktor tersebut antara lain faktor pengukuran (*measurement*), faktor metode (*methods*) yang digunakan, dan faktor lingkungan (*environment*).



Gambar 4. 24 Diagram Fishbone Target Proses tidak Terkontrol pada fase II

Berdasarkan Gambar 4.24 penyebab kualitas produksi air tidak kapabel dipengaruhi oleh beberapa faktor yang berasal dari Metode, Mesin, Lingkungan maupun Material. Gambar 4.12 memberikan informasi bahwa dari segi Metode hal-hal yang menyebabkan kualitas produksi air di PDAM Surya Sembada Surabaya tidak terkontrol adalah kurun teliti dalam penakaran dosis tawas sehingga menyebabkan penambahan dosis tawas. Selain itu dikarenakan adanya pergantian saluran pipa air sehingga erakibat pada proses penyaluran air yang agak terganggu sehingga pross produksi tidak berjalan dengan baik.

Selain dari segi Metode, hal-hal yang menyebabkan kualitas produksi air di PDAM Surya Sembada Surabaya tidak terkontrol adalah dari segi Mesin dimana alat pengaduk sedikit mengalami

gangguan sehingga berakibat pada permasalahan bak flokulator yang mana fungsinya adalah untuk pengadukan lambat yang kemudian air akan disalurkan ke bagian filtrasi. Selain itu pada sisi mesin dikarenakan usia alat filtrasi yang terbilang tua sehingga menyebabkan salah satu selenoit macet. Kondisi pipa saluran air yang sudah berusia tua dan terus menerus digunakan juga dapat kondisi pipa pada penyaluran di tahapan lain sehingga proses produksi sedikit terganggu.

Segi lingkungan juga mempengaruhi kualitas produksi air di PDAM Surya Sembada Surabaya. Berdasarkan Gambar 4.15 dapat diperoleh informasi bahwa beberapa limbah rumah tangga dan industri masuk ke sungai sehingga menyebabkan kondisi air baku tercemar, dan mengakibatkan kualitas produksi air di PDAM Surya Sembada Surabaya tidak stabil. Selain itu juga dari segi bangunan unit olah di IPAM sendiri yang dapat dikatakan tua dimana beberapa unit merupakan peninggalan Belanda, sehingga mempengaruhi performa unit oleh di instalasi.

Faktor berikutnya adalah material dimana kondisi sungai Jagir yang kurang bersih sehingga dapat mempengaruhi kebersihan kualitas air baku. Selain itu, pada tahap filtrasi memerlukan media berupa pasir penyaring yang digunakan untuk memisahkan air bersih dengan material-material lain. Namun stok pasir ada kalanya mengalami kehabisan dan proses pembelian memerlukan waktu yang cukup lama sehingga pengadaan pasir dapat mengganggu proses produksi dan menyebabkan kualitas produksi air di PDAM Surya Sembada Surabaya tidak terkontrol.

4.9 Analisis Kapabilitas Proses Produksi Air di Instalasi Ngagel I

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 pengontrolan fase I di instalasi Ngagel I diketahui bahwa proses telah terkendali secara statistik baik dari segi variabilitas proses maupun target proses. Hal ini dikarenakan setelah dilakukan identifikasi penyebab *out of control*, diagram kontrol MZ dan M_2Z^2 menunjukkan tidak ada pengamatan yang keluar batas kendali. Perbedaan indeks C_p dan indeks C_{pk} yaitu indeks C_p memonitor presisi, sedangkan indeks C_{pk} mengukur akurasi. Kapabilitas proses dihitung secara univariat dan multivariat, berikut merupakan perhitungan kapabilitas proses secara univariat.

Tabel 4. 10 Perhitungan Analisis Kapabilitas Univariat

Variabel	C_p	C_{pk}
KMnO ₄	1,56	1,18
Kekeruhan	2,07	1,05
Sisa Chlor (Cl ₂)	0,95	0,28
pH	2,99	1,6

Berdasarkan Tabel 4.10 terlihat bahwa nilai C_p untuk variabel KMnO₄, kekeruhan, dan pH memiliki nilai lebih dari 1,33 artinya variabel KMnO₄, kekeruhan dan pH memiliki presisi yang tinggi secara univariat. Sedangkan untuk variabel sisa chlor memiliki nilai C_p di bawah 1,33 yang artinya kedua variabel tersebut memiliki tingkat presisi yang rendah. Jika dilihat dari nilai C_{pk} , variabel pH diketahui bahwa secara univariat memiliki nilai akurasi yang tinggi. Namun untuk variabel KMnO₄, kekeruhan, dan sisa chlor memiliki nilai C_{pk} lebih rendah dari 1,33 yang artinya variabel tersebut memiliki akurasi yang rendah.

Selanjutnya dilakukan analisis secara multivariat terhadap kapabilitas proses produksi air di instalasi Ngagel I periode Juni hingga Juli 2018. Nilai C_p dan C_{pk} dari masing-masing karakteristik kualitas akan digunakan pada perhitungan selanjutnya yaitu untuk menghitung MC_p dan MC_{pk} . Dikarenakan perusahaan tidak menetapkan bobot khusus di antara 4 karakteristik kualitas, atinya

semua karakter dianggap sama pentingnya sehingga peneliti menetapkan bobot untuk masing-masing karakteristik adalah 0,25. Perhitungan secara multivariat dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.25) untuk indeks kapabilitas C_p , dan persamaan (2.26) untuk indeks kapabilitas C_{pk} . Berikut merupakan contoh perhitungan MC_p secara manual.

$$MC_p = (0,25 \times 1,56) + (0,25 \times 2,07) + (0,25 \times 0,95) + (0,25 \times 2,99)$$

$$MC_p = 1,8925$$

Sedangkan untuk perhitungan MC_{pk} adalah sebaga berikut.

$$MC_{pk} = (0,25 \times 1,18) + (0,25 \times 1,05) + (0,25 \times 0,28) + (0,25 \times 1,6)$$

$$MC_{pk} = 1,0275$$

Proses produksi dikatakan memiliki presisi baik secara multivariat ketika nilai MC_p lebih dari 1,33. Sedangkan proses produksi dikatakan memiliki akurasi baik secara multivariat ketika nilai MC_{pk} lebih dari 1. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan nilai MC_p sebesar 1,8925 yang menandakan bahwa hasil dari proses produksi air di Ngagel I pada periode Juni hingga Juli 2018 memiliki presisi yang tinggi, artinya jarak atau selisih dari nilai antar pengamatan kecil. Selain itu, nilai MC_{pk} sebesar 1,0275 yang menandakan bahwa hasil dari proses produksi air di Ngagel I pada periode Juni hingga Juli 2018 memiliki akurasi yang rendah, artinya jarak atau selisih antara nilai pengamatan dengan target cukup jauh.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa keempat karakteristik kualitas air yaitu KMnO_4 , Kekeruhan, Sisa Chlor (Cl_2), dan pH saling dependen. Namun data karakteristik air tersebut tidak berdistribusi Normal Multivariat. Selain itu berdasarkan analisis menggunakan statistika deskriptif menghasilkan informasi bahwa rata-rata hasil pengujian untuk 4 karakteristik air yaitu KMnO_4 , Kekeruhan, Sisa Chlor (Cl_2), dan pH masih memenuhi target dari perusahaan.

Pada monitoring Fase I dengan menggunakan batas kontrol sesuai dengan kriteria ATS (101,113 untuk monitoring variabilitas proses dan 18,225 untuk monitoring target proses) variabilitas maupun target proses telah terkendali secara statistik setelah dilakukan pengontrolan 4 kali. Ketika batas kontrol menggunakan kriteria ARL (292,84) untuk monitoring variabilitas proses dan 14,81 untuk monitoring target proses) variabilitas maupun target proses telah terkendali secara statistik setelah dilakukan pengontrolan 2 kali. Setelah dilakukan *brainstorming* dengan perusahaan, penyebab pengamatan keluar batas adalah dikarenakan terdapat beberapa penyebab seperti pengadukan pada bak flokulator bermasalah dan juga terdapat salah satu selenoit filter yang macet.

Monitoring Fase II dilakukan dengan menggunakan parameter *in control* dari fase I. ketika menggunakan batas kontrol sesuai dengan kriteria ATS (101,113 untuk monitoring variabilitas proses dan 18,225 untuk monitoring target proses) variabilitas proses maupun target proses telah terkendali secara statistik. Namun ketika menggunakan batas kontrol dengan kriteria ARL (292,84 untuk monitoring variabilitas proses dan 14,81 untuk monitoring target proses) target proses belum terkendali secara statistik. Sehingga perlu dilakukan deteksi penyebab titik *out of control*. Identifikasi dilakukan dengan monitoring stabilitas proses

secara multivariat dengan menggunakan kombinasi 3 variabel secara bergantian dan diperoleh hasil bahwa ketika menggunakan pembobot 0,11989 maupun 0,4 variabel penyebab *out of control* pada pengamatan ke 49 sama yaitu variabel sisa Chlor dan kekeruhan. Namun ketika menggunakan pembobot 0,3 dan 0,1 penyebab *out of control* pada pengamatan ke 49 yaitu variabel sisa Chlor. Selain itu hasil perhitungan kapabilitas proses menunjukkan bahwa secara multivariat kinerja proses produksi air di instalasi Ngagel I PDAM Surya Sembada Kota Surabaya selama periode Juni hingga Juli 2018 telah memiliki presisi yang tinggi namun akurasi masih rendah.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya diharapkan mengkaji lebih dalam mengenai ARL yang akan digunakan. Sedangkan saran untuk perusahaan, diharapkan dapat menggunakan diagram kontrol kombinasi MEWMA sebagai alternatif dalam monitoring proses produksi. Selain itu perusahaan diharapkan memberikan *treatment* khusus untuk variabel yang terdeteksi sebagai penyebab *out control* yaitu variabel sisa chlor, dan juga melakukan peninjauan terhadap teknologi proses dalam kaitannya dengan kualitas air untuk diunakan masyarakat dalam kehidupan sehari-hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Alva, J.A., & Estrada, E. (2009). A Generalization of Shapiro-Wilk's Test for Multivariate Normality. *Journal of Communication in Statistics-Theory and Methods*, Vol 38, Issues 11, 1870-1883.
- Ariani, D.W. (2005). *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif dalam Manajemen Kualitas)*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Arsyad. (1989). *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press.
- Chandra, M.J. (2001). *Statistical Quality Control*. Philadelphia: The Wharton School University of Pennsylvania.
- Budi, Setyo. (2006). *Penurunan Fosfat Dengan Penambahan Kapur (Lime), Tawas, Dan Filtrasi Zeolit Pada Limbah Cair. Tesis Ilmiah*. Yogyakarta: Universitas Diponegoro.
- Hanum, F. (2002). *Proses Pengolahan Air Sungai untuk Keperluan Air Minum*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Heizer, J., & Render, B. (2006). *Operations Management Eight Edition*. New Jersey: Pearson Education Inc.
- Jayanti, J.D. (2014). Penerapan Diagram Kontrol MEWMA dan MEWMV pada Pengendalian Kualitas Air Produksi di Ipam Ngagel I. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, Vol. 3, No.2. 2337-3520.
- Johnson, R.A., & Wichern, D.W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall.
- Kuncoro, E. B., & Wiharto, A. F. (2009). *Ensiklopedia Populer: Ikan Air Laut*. Jakarta: Andi Publisher.
- Lowry, C.A., Woodall, W.H., Champ, C.W., & Rigdon, S.E. (1992). A Multivariate Exponentially Weighted Moving Average Control Chart. *Technometrics*, 34, 46-53.
- Montgomery, D. C. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control*. New Jersey: John Wiley Sons.

- Morrison, F. (1990). *Multivariate Statistical Methods. (Fourth Edition ed.)*. Philadelphia: The Wharton School University of Pennsylvania
- Nasution. (2010). *Manajemen Mutu Terpadu*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- PDAM. (2012). *Profil Perusahaan PDAM Surya Sembada Surabaya*. Diakses pada tanggal 5 Februari 2019: <http://www.pdam-sby.go.id>
- Quddus, Rachmat. (2014). Teknik Pengolahan Air Bersih Dengan Sistem Saringan Pasir Lambat yang Bersumber dari Sungai Musi. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Vol.2, 4-5.
- Raissi, S. (2009). In Multivariate process capability indices on the presence of priority for quality characteristics. *Journal of Industrial Engineering International*. Vol. 5 No.9, 27-36.
- Rencher, A. C. (2002). *Methods of Multivariate Analysis*. Amerika: John Wiley Sons.
- Reynolds, M.R., & Cho, G.H. (2006). Multivariate Control Charts for Monitoring the Mean Vector and Covariance Matrix, *Journal of Quality Technology*, 38(3), 230-252.
- Reynolds, M.R., & Stoumbos, Z.G. (2008). Combinations of Multivariate Shewhart and MEWMA Control Charts for Monitoring the Mean Vector and Covariance Matrix. *Journal of Quality Technology*, vol.40, 381-393.
- Santhi, D. (2015). *Gambaran Kadar Klorin Pada Sumber Air Bersih RSUP Sanglah Denpasar*: Diakses pada tanggal 5 Februari 2019: simdos.unud.ac.id.
- Saputro, D. N. (2014). Pengontrolan Kualitas Diameter Pipa Baja pada Proses Tube Mill dengan Menerapkan Diagram Kontrol Kombinasi MEWMA. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, Vol. 3, No.2, 2337-3520.
- Sutrisno, T. (2010). *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Yulianti, P.C. (2012). *Studi Literatur Desain Unit Prasedimentasi Instalasi Pengolahan Air Minum*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Yuniarti, Bernadeta. (2007). *Pengukuran Tingkat Kekeruhan Air Menggunakan Turbidimeter Berdasarkan Prinsip Hamburan Cahaya*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Karakteristik Air Fase I

Observasi	X1	X2	X3	X4
1	5.11	1.28	1.03	7.09
2	7.86	2.2	0.78	7.12
3	7.86	1.62	1.08	6.89
4	5.88	1.52	0.99	7.01
5	6.34	1.42	0.94	7.05
6	6.95	1.89	0.97	6.99
7	5.72	2.78	0.63	6.87
8	8.78	1.6	0.93	7.01
9	9.39	0.91	0.55	6.93
10	9.69	1.34	0.73	6.99
:	:	:	:	:
141	7.16	0.96	0.79	7.16
142	7.16	1.7	0.91	7.17
143	8.07	0.82	0.51	7.14
144	8.38	1.12	0.6	7.04
145	7.46	0.9	0.68	7.05
146	5.03	0.82	0.74	7.1
147	4.42	0.66	1.12	7.08
148	4.42	0.89	0.88	7.06
149	4.39	0.74	0.97	7.26
150	8.94	0.9	0.81	7.09
151	5.3	0.85	0.78	7.04

Lampiran 2. Data Karakteristik Air Fase II

Observasi	X1	X2	X3	X4
152	7.88	1.85	0.29	7.06
153	6.52	0.9	0.34	7.12
154	7.58	1.12	0.97	7.07
155	5.76	0.61	0.73	6.93
156	6.38	0.61	0.73	6.91
157	5.61	0.99	0.97	7.07
158	6.67	0.87	0.99	7.05
159	6.36	0.84	0.49	7.17
160	8.18	1.23	0.49	7.22
161	4.85	1.06	0.58	7.2
:	:	:	:	:
202	8	1.35	0.19	7.07
203	6.92	0.69	0.49	7.22
204	6	0.88	0.1	7.14
205	7.54	1.42	0.19	7.21
206	7.23	1.61	0.39	7.28
207	7.54	1.29	0.49	7.07
208	8.46	1.07	0.19	7.16
209	7.54	1.3	0.39	7.02
210	7.84	1.4	0.39	7.04
211	6.92	1.09	0.58	7.14
212	7.84	1	0.19	7.12

Lampiran 3. Titik *out of control* pada monitoring dengan batas kontrol 101,113 dan 18,225

Lampiran 3A. Titik *out of control* Fase I Pengontrolan 1

Observasi	Tanggal Observasi	X1	X2	X3	X4
41	10-Feb-18	5,64	3,7	1,31	7,04
44	13-Feb-18	5,94	0,86	1,45	7,05
46	15-Feb-18	8,38	2,75	0,58	7,09
68	09-Mar-18	7,16	1,22	0,69	6,25
69	10-Mar-18	7,31	1,01	0,68	7,05
70	11-Mar-18	6,85	1,78	0,93	7,12
71	12-Mar-18	4,72	0,75	1,07	6,77

Lampiran 3B. Titik *out of control* Fase I Pengontrolan 2

Observasi	Tanggal Observasi	X1	X2	X3	X4
26	26-Jan-18	6.92	3.7	0.7	7.03
27	27-Jan-18	6	2.2	1.05	6.96
28	28-Jan-18	6.31	1.59	1.45	7.16
33	02-Feb-18	7.54	1.56	0.24	7.15
36	05-Feb-18	9.08	1.63	0.35	7

Lampiran 3C. Titik *out of control* Fase I Pengontrolan 3

Observasi	Tanggal Observasi	X1	X2	X3	X4
12	12-Jan-18	9.69	1.15	0.96	7
124	14-Mei-18	7.16	0.96	0.79	7.16
125	15-Mei-18	7.16	1.7	0.91	7.17
126	16-Mei-18	8.07	0.82	0.51	7.14
127	17-Mei-18	8.38	1.12	0.6	7.04
128	18-Mei-18	7.46	0.9	0.68	7.05
129	19-Mei-18	5.03	0.82	0.74	7.1

Lampiran 4. Titik out of control pada monitoring dengan batas kontrol 292,84 dan 14,81

Lampiran 4A. Titik *out of control* Fase I dengan Pembobot 0,3 dan 0,1

Observasi	Tanggal Observasi	X1	X2	X3	X4
11	11-Jan-18	10	0.95	0.99	6.8
12	12-Jan-18	9.69	1.15	0.96	7
13	13-Jan-18	6.64	1.19	0.51	7.17
15	15-Jan-18	8.93	1.02	0.69	7.01
26	26-Jan-18	6.92	3.7	0.7	7.03
27	27-Jan-18	6	2.2	1.05	6.96
28	28-Jan-18	6.31	1.59	1.45	7.16
29	29-Jan-18	7.23	1.53	0.96	7.18
30	30-Jan-18	6.31	1.51	1.05	7.22
31	31-Jan-18	5.07	1.16	1.15	7.12
32	01-Feb-18	7.39	0.8	1.41	7.15
38	07-Feb-18	6.7	1.65	1.18	7.18
41	10-Feb-18	5.64	3.7	1.31	7.04
42	11-Feb-18	5.33	1.44	1.04	7.06
43	12-Feb-18	5.64	0.88	1.2	6.94
44	13-Feb-18	5.94	0.86	1.45	7.05
45	14-Feb-18	6.4	2.2	0.92	7.18
46	15-Feb-18	8.38	2.75	0.58	7.09
47	16-Feb-18	6.24	0.71	1.04	6.96
49	18-Feb-18	6.55	1.47	1.39	6.99
50	19-Feb-18	7.16	1.44	0.88	7.1
52	21-Feb-18	6.09	0.81	1.08	6.69
53	22-Feb-18	4.99	1.42	0.87	6.92

68	09-Mar-18	7.16	1.22	0.69	6.25
69	10-Mar-18	7.31	1.01	0.68	7.05
71	12-Mar-18	4.72	0.75	1.07	6.77
133	13-Mei-18	4.11	0.57	0.88	7.13
134	14-Mei-18	4.72	0.68	0.97	7.23
135	15-Mei-18	4.87	0.89	0.97	7.15
136	16-Mei-18	5.94	1.05	0.8	7.31
137	17-Mei-18	4.87	1.22	0.82	7.24
138	18-Mei-18	5.94	1.07	0.88	7.21
139	19-Mei-18	5.64	0.7	0.73	7.02
140	20-Mei-18	6.55	0.54	0.68	6.95
141	21-Mei-18	7.16	0.96	0.79	7.16
143	23-Mei-18	8.07	0.82	0.51	7.14
144	24-Mei-18	8.38	1.12	0.6	7.04
145	25-Mei-18	7.46	0.9	0.68	7.05
146	26-Mei-18	5.03	0.82	0.74	7.1
149	29-Mei-18	4.39	0.74	0.97	7.26
150	30-Mei-18	8.94	0.9	0.81	7.09

Lampiran 4B. Titik *out of control* Fase I dengan Pembobot 0,4

Observasi	Tanggal Observasi	X1	X2	X3	X4
11	11-Jan-18	10	0.95	0.99	6.8
12	12-Jan-18	9.69	1.15	0.96	7
21	21-Jan-18	7.25	2.78	0.72	7.03
32	01-Feb-18	7.39	0.8	1.41	7.15
68	16-Mar-18	4.63	2.02	0.85	7.01

Lampiran 5. Rekap Hasil Simulasi ARL

Lampiran 5A. Rekap Hasil Simulasi ARL (Diagram MZ)

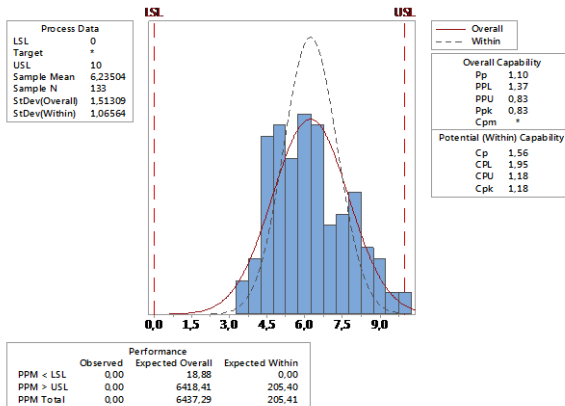
Hasil ARL	962.12	711.09	424.35	378.01	376.82	373.45	370.04
USL Peneliti	23.09	19	15	14.9	14.83	14.82	14.81
Data ke-	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL
1	1000	1000	1000	79	539	11	100
2	1000	899	1000	162	114	426	127
3	1000	1000	693	299	75	674	89
4	1000	826	899	785	304	1000	34
5	1000	963	835	286	596	299	291
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
95	1000	272	17	379	479	88	1000
96	1000	1000	999	894	202	58	1000
97	1000	1000	314	31	68	737	762
98	1000	1000	53	1000	35	720	289
99	1000	1000	1000	65	100	56	117
100	1000	597	969	1000	233	829	432

Lampiran 5B. Rekap Hasil Simulasi ARL (Diagram M2Z2)

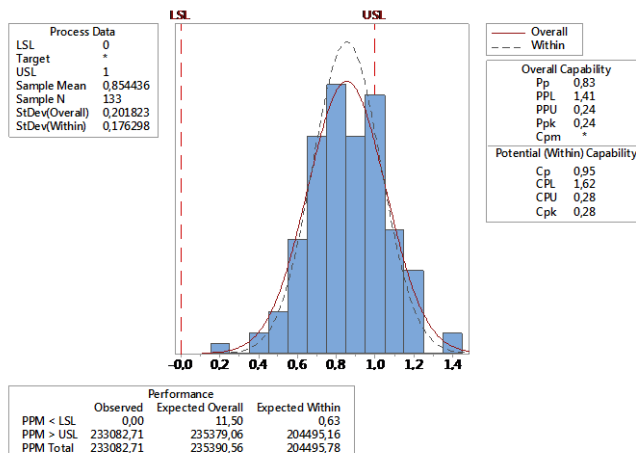
Hasil ARL	25.53	569.7	393.4	311.1	323.3	353.9	380	379.3	362.1	370.1
USL Peneliti	153.5	347.7	300	280	290	291	295	293.2	292.7	292.8
Data ke-	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL	RL
1	26	74	809	115	224	533	236	484	810	212
2	1	886	73	351	51	654	251	941	942	268
3	20	542	543	272	48	86	54	250	100	927
4	34	642	212	147	587	164	908	538	53	253
5	20	15	294	169	100	679	12	340	481	490
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
95	3	179	520	112	464	304	525	466	154	218
96	5	330	155	386	575	157	530	172	136	276
97	38	708	65	210	355	297	762	409	45	193
98	2	258	148	103	346	439	44	937	810	942
99	31	693	240	48	698	458	64	690	630	41
100	10	306	317	446	143	942	509	400	7	393

Lampiran 6. Grafik Kapabilitas Proses

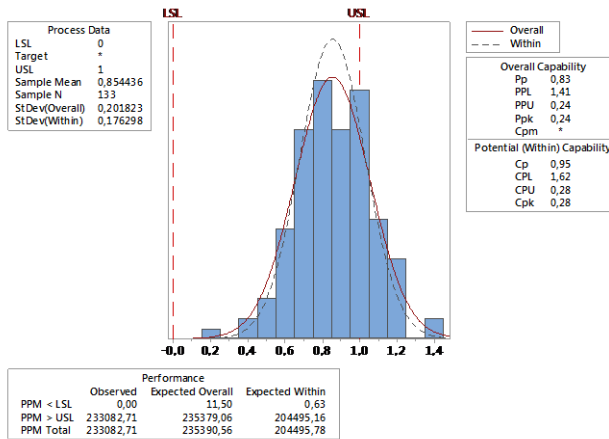
Lampiran 6A. Grafik Kapabilitas Proses Variabel Zat Organik



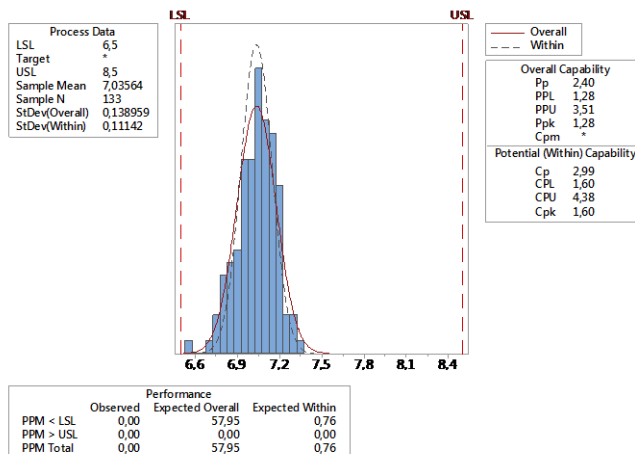
Lampiran 6B. Grafik Kapabilitas Proses Variabel Kekeruhan



Lampiran 6C. Grafik Kapabilitas Proses Variabel Sisa Chlor



Lampiran 6D. Grafik Kapabilitas Proses Variabel pH



Lampiran 7. Diagram Kontrol

Lampiran 7A. Pogram Diagram Kontrol menggunakan Aplikasi R

```

library(plotly)
X=values$df
#Z1
lamda1=input$lamda1
h4=input$UCL1
h5=input$UCL2
t=nrow(X)
klmX=ncol(X)
Z1=matrix(ncol=klmX, nrow=t)
for (i in 1:t){
  for (j in 1:klmX){
    Z1[i,j]=(X[i,j]-mean(X[,j]))/sd(X[,j])
  }
}
#Z2
Z2<=-Z1^2
#Matrix VarCovar
mcov=matrix(ncol=klmX,nrow=klmX)
for (i in 1:klmX) {
  for (j in 1:klmX){
    mcov[i,j]=cov(Z1[,i],Z1[,j])
  }
}
#C
c=lamda1/(2-lamda1)
#### VARIABILITAS PROSES ####
#E2
E2=matrix(ncol=klmX, nrow=t)
for (p in 1:klmX){
  E2[1,p]=lamda1*Z2[1,p]+(1-lamda1)*1
}

```



```

#Statistik M2z2
M2Z2=matrix(nrow=t)
trans1=matrix(t(E2),ncol=t,nrow=klmX)
for (i in 1:t){
  M2Z2[i,]=(2*c)^-1*E2[i,] %*%
solve(mcov^2)%*%trans1[,i]
}
##### MEAN PROSES #####
#E
E=matrix(ncol=klmX, nrow=t)
for (p in 1:klmX){
  E[1,p]=lamda1*Z1[1,p]
}
for (i in 2:t){
  for (p in 1:klmX){
    E[i,p]=lamda1*(sqrt(1)*Z1[i,p])+(1-lamda1)*E[i-1,p]
  }
}
#Statistik MZ
MZ=matrix(nrow=t)
trans=matrix(t(E),ncol=t,nrow=klmX)
for (i in 1:t){
  MZ[i,]=c^-1*E[i,] %*% solve(mcov)%*%trans[,i]
}
batasMZ=matrix(nrow=t)
batasM2Z2=matrix(nrow=t)
for (i in 1:t)
{
  batasMZ[i,]=h4
  batasM2Z2[i,]=h5
}
Observasi=cbind(1:t)

```

```

Data=data.frame(Observasi,MZ,M2Z2,batasMZ,batasM2Z2)
yaxis <- list(title = "MZ-M2Z^2")
plot_ly(Data, x = ~Observasi) %>%
  add_lines(y=~M2Z2,color=I("green"),name="Garis
M2Z^2")%>%
  add_markers(y=~M2Z2,color=I("green"),name="Titik
M2Z^2")%>%
  add_lines(y=~MZ,color=I("red"),name="Garis MZ")%>%
  add_markers(y=~MZ,color=I("red"),name="Titik
MZ")%>%
  add_lines(y=~batasMZ,name="UCL
MZ",color=I("blue")) %>%
  add_lines(y=~batasM2Z2,name="UCL
M2Z^2",color=I("orange")) %>%
  layout(yaxis=yaxis)

```

Lampiran 8. Program untuk Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat

```

library(mvnormtest)
uji=t(cbind(Turbidity, pH, Organik,
Sisa.Chlor))
mshapiro.test(uji)

```

Lampiran 9. Program untuk Pengujian Dependensi

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.412
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	28,057
	df	6
	Sig.	.000

Lampiran 10. Program Dashboard Menggunakan R

```

library(shiny)
library(shinydashboard)
library(semantic.dashboard)
library(DT)
library(mvnormtest)
library(plotly)
list<-read.csv('talancar4.csv',header=TRUE,sep=";")
dataall<-as.vector(list[,])
fase1<-dataall[1:151,]
fase2<-dataall[152:212,]
IC1<-read.csv('talancarstabil1.csv',header=TRUE,sep=";")
IC2<-read.csv('talancarstabil2.csv',header=TRUE,sep=";")
IC3<-read.csv('talancarstabil3.csv',header=TRUE,sep=";")
IC1B<-read.csv('talancarstabil1B.csv',header=TRUE,sep=";")
IC2B<-read.csv('talancarstabil2B.csv',header=TRUE,sep=";")
incontrol1<-as.vector(IC1[,])
incontrol2<-as.vector(IC2[,])
incontrol3<-as.vector(IC3[,])
incontrol1B<-as.vector(IC1B[,])
incontrol2B<-as.vector(IC2B[,])
datavisual<-
as.vector(read.csv('talancarvisual.csv',header=TRUE,sep=";"))
ui <- dashboardPage(
  dashboardHeader(title="DIAGRAM KONTROL
KOMBINASI MEWMA",color="blue",
    inverted=TRUE,disable=FALSE
  ),
  dashboardSidebar(side="left",size="thin",color="blue",
    inverted=TRUE,disable=FALSE,
  sidebarMenu(
    menuItem("Home",tabName="Home",
      icon=icon("home")),
    menuItem("Pendahuluan",tabName="data1",
      icon=icon("table")),

```

```

menuItem("Diagram Kontrol",tabName="diagram",
      icon=icon("signal")
    )
  )
),
dashboardBody(
  tabItems(
    tabItem(tabName="Home",
      box(title="Identitas
Peneliti",width=7,color="pink",collapsible=FALSE,
      tags$img(src="Bina.jpg",
        height=200,width=300), #DITAMPILIN
DLM BENTUK PERSEGI PANJANG
#YANG ATAS IDENTITAS BINA YG BAWAH
PDAM
      h4("Bina Astri Sitoresmi"),
      h4("0621 15 4000 0018")),
      box(title="Identitas
Perusahaan",width=8,color="black",collapsible=FALSE,
      tags$img(src="PDAM.jpg",
        height=200,width=300), #DITAMPILIN
DLM BENTUK PERSEGI PANJANG
#YANG ATAS IDENTITAS BINA YG BAWAH
PDAM
      h4("PDAM Surya Sembada Kota Surabaya "),
      h4("Jalan Dr. Moestopo")),
      box(title="Deskripsi Analisis",title_side="top
right",width=15,
      ribbon=TRUE,color="red",collapsible=FALSE,
      h3("Peneliti melakukan analisis pengendalian
kualitas
      menggunakan salah satu diagram kontrol
      multivariat, yaitu Kombinasi MEWMA.
      Diagram kontrol kombinasi MEWMA
      merupakan pengembangan

```

dari diagram kontrol MEWMA. Dimana pada diagram kontrol Kombinasi MEWMA

plot monitoring variabilitas dan target proses ditampilkan secara bersamaan. Sehingga lebih cepat mendeteksi

out of control"),

h3("Batas kontrol yang digunakan berdasarkan pada kriteria ATS

yang mana terdapat dalam jurnal Reynolds dan Stoumbos (2008)

yaitu 101,113 untuk diagram M2Z2 dan 18,225 untuk diagram MZ.

Batas kontrol kedua yang digunakan berdasarkan hasil simulasi

kriteria ARL yaitu sebesar 292,84 untuk diagram M2Z2 dan

14,81 untuk diagram MZ. "),

h4("Profil Perusahaan :",

a(href="https://www.pdam-sby.go.id/",

"PDAM Surya Sembada Kota

Surabaya",target="_blank"))))

),

tabItem(tabName="data1",

tabBox(title="Result",color="purple",width=16,

tabs=list(

list(menu="Data",

content=DTOutput("content1")),

list(menu="Visual Data",

content= #BISA MIIH VARIABEL PAKE

RADIOBUTTON, LINE PLOT BIASA

fluidRow(

box(title="Type",width=16,color="blue",collapsible=FALSE,

dari diagram kontrol MEWMA. Dimana pada diagram kontrol Kombinasi MEWMA

plot monitoring variabilitas dan target proses ditampilkan secara bersamaan. Sehingga lebih cepat mendeteksi

out of control"),

h3("Batas kontrol yang digunakan berdasarkan pada kriteria ATS

yang mana terdapat dalam jurnal Reynolds dan Stoumbos (2008)

yaitu 101,113 untuk diagram M2Z2 dan 18,225 untuk diagram MZ.

Batas kontrol kedua yang digunakan berdasarkan hasil simulasi

kriteria ARL yaitu sebesar 292,84 untuk diagram M2Z2 dan

14,81 untuk diagram MZ. "),

h4("Profil Perusahaan :",

a(href="https://www.pdam-sby.go.id/",

"PDAM Surya Sembada Kota

Surabaya",target="_blank"))))

),

tabItem(tabName="data1",

tabBox(title="Result",color="purple",width=16,

tabs=list(

list(menu="Data",

content=DTOutput("content1"))),

list(menu="Visual Data",

content= #BISA MIIH VARIABEL PAKE

RADIOBUTTON, LINE PLOT BIASA

fluidRow(

box(title="Type",width=16,color="blue",collapsible=FALSE,

```

plotlyOutput("Plotturbidity"))
    )
  ),
  list(menu="Statistika Deskriptif",
content=verbatimTextOutput("Text1")),#TABEL STATDES
    list(menu="Hasil Uji Asumsi",
        content=fluidRow(
            verbatimTextOutput("Text2"),
            verbatimTextOutput("Text3"))
        )#HASIL BARTLETT DAN NORMAL
MULTIVAR,
    )
  ),
  tabItem(tabName="diagram", #DIAGRAM KONTROL
YANG KEMAREN

box(title="Data",width=5,color="violet",collapsible=FALSE,
    selectInput("fase","Pilih Data : ",
        choices=c("Data All",
            "Fase 1",
            "In Control 1",
            "In Control 2",
            "In Control 3",
            "In Control 1 B",
            "In Control 2 B"))
    ),
    box(title="Hapus Data",width=5,color="olive",
        numericInput("min",
            "Hapus Data ke-:",min = 1,
            max = nrow(dataall),
            value = 1),
        actionButton("hapusdata", "Hapus")
    ),

```

```

box(title="Lambda",width=5,color="green",
    numericInput("lamda1",
        "Lambda untuk M2Z2 :",
        0.11989, min = 0, max = 1,step=0.001),
    numericInput("lamda2",
        "Lambda untuk MZ :",
        0.11989, min = 0, max = 1,step=0.001)
    ),

    box(title="Batas Kontrol Atas
(UCL)",width=6,color="green",
        numericInput("UCL1",
            "Masukkan UCL Diagram MZ:",
            18.225, min = 0, max = 100
            ,step=0.001),#HARUSNYA NILAI MAX(MZ)
            h1(),
            numericInput("UCL2",
                "Masukkan UCL Diagram M2Z2:",
                101.113, min = 0, max = 500, step=0.001)
            #HARUSNYA NILAI MAX(M2Z2)
            ),

    tabBox(title="ControlChart",color="purple",width=15,
        tabs=list(
            list(menu="Diagram Kontrol",
                content=
    fluidRow(plotlyOutput("controlchartgab1"),
                verbatimTextOutput("summary"))),
            list(menu="Data",
                content= DTOutput("datachart")),
            list(menu="Matrix VarCovar M2Z2",
                content=
    verbatimTextOutput("varcovar_1")),
            list(menu="Matrix VarCovar MZ",
                content=

```



```

verbatimTextOutput("varcovar_2")),
      list(menu="FASE II",
            content=
fluidRow(plotlyOutput("controlchart2"),
verbatimTextOutput("summary2")))))
))))

##### SERVER #####
server <- function(input, output, session) {
  output$content1 <- DT::renderDataTable({
    DT::datatable(data.frame(dataall),
                    options=list(scrollX=TRUE,
                                lengthMenu=c(10,25,50,100)))
  })
  output$Text1<- renderPrint({
    summary(dataall)
  })
  output$Text2<- renderPrint({
    attach(dataall)
    bartlett.test(list(Turbidity,pH,Organik,Sisa.Chlor))
  })
  output$Text3<- renderPrint({
    attach(dataall)
    uji=t(cbind(Turbidity, pH, Organik, Sisa.Chlor))
    mshapiro.test(uji)
  })
  output$Plotturbidity<-renderPlotly({
    switch(input$choose,
      "Turbidity"=plot_ly(datavisual, x = ~Observasi,
                          color=I("red")) %>%
        add_lines(y=5, name="batas max", color=I("rgba(168,
216, 234, 0.5)"), fill="tozeroy") %>%
        add_lines(y=~Turbidity, name="Turbidity")%>%

```

```

add_markers(y=~Turbidity,color=I("red"),name="Titik
Turbidity"),
  "pH"=plot_ly(datavisual, x = ~Observasi,
    color=I("red"))%>%
    add_trace(y=6.5, name="batas min",color=I("blue"),
fill="tozeroy") %>%
    add_lines(y=8.5, name="batas
max",color=I("rgba(168, 216, 234, 0.5)"), fill="tozeroy") %>%
    add_lines(y=~pH, name="pH")%>%
    add_markers(y=~pH,color=I("red"),name="Titik pH"),
  "Organik"=plot_ly(datavisual, x = ~Observasi,
    color=I("red")) %>%
    add_lines(y=10, name="batas
max",color=I("rgba(168, 216, 234, 0.5)"), fill="tozeroy") %>%
    add_lines(y=~Organik, name="Zat Organik")%>%
    add_markers(y=~Organik,color=I("red"),name="Titik
Zat Organik"),
  "Sisa Chlor"=plot_ly(datavisual, x = ~Observasi,
    color=I("red")) %>%
    add_lines(y=1, name="batas max",color=I("rgba(168,
216, 234, 0.5)"), fill="tozeroy") %>%
    add_lines(y=~Sisa.Chlor, name="sisa Chlor")%>%

add_markers(y=~Sisa.Chlor,color=I("red"),name="Titik Sisa
Chor")
)
})
dataInput<-reactive({
  switch(input$fase,
    "Data All"=dataall,
    "Fase 1"=fase1,
    "In Control 1"=incontrol1,
    "In Control 2"=incontrol2,
    "In Control 3"=incontrol3,
    "In Control 1 B"=incontrol1B,

```

```

"In Control 2 B"=incontrol2B)
})
values <- reactiveValues(df = NULL)
observe(values$df<-dataInput())
observeEvent(input$hapusdata, {
  values$df <- values$df[-input$min, ]
})

output$controlchartgab1<-renderPlotly({
  X=values$df
  #Z1
  lamda1=input$lamda1
  lamda2=input$lamda2
  h4=input$UCL1
  h5=input$UCL2
  t=nrow(X)
  klmX=ncol(X)
  Z1=matrix(ncol=klmX, nrow=t)
  for (i in 1:t){
    for (j in 1:klmX){
      Z1[i,j]=(X[i,j]-mean(X[,j]))/sd(X[,j])
    }
  }
  #Z2
  Z2<-Z1^2
  #Matrix VarCovar
  mcov=matrix(ncol=klmX,nrow=klmX)
  for (i in 1:klmX) {
    for (j in 1:klmX){
      mcov[i,j]=cov(Z1[,i],Z1[,j])
    }
  }
  #C
  c1=lamda1/(2-lamda1)
  c2=lamda2/(2-lamda2)

```

```

#### VARIABILITAS PROSES ####
#E2
E2=matrix(ncol=klmX, nrow=t)
for (p in 1:klmX){
  E2[1,p]=lamda1*Z2[1,p]+(1-lamda1)*1
}
for (i in 2:t){
  for (p in 1:klmX){
    E2[i,p]=lamda1*(sqrt(1)*Z2[i,p])+(1-lamda1)*E2[i-1,p]
  }
}
#Statistik M2z2
M2Z2=matrix(nrow=t)
trans1=matrix(t(E2),ncol=t,nrow=klmX)
for (i in 1:t){
  M2Z2[i,]=(2*c1)^-1*E2[i,] %*%
solve(mcov^2)%*%trans1[,i]
}

#### MEAN PROSES ####
#E
E=matrix(ncol=klmX, nrow=t)
for (p in 1:klmX){
  E[1,p]=lamda2*Z1[1,p]
}
for (i in 2:t){
  for (p in 1:klmX){
    E[i,p]=lamda2*(sqrt(1)*Z1[i,p])+(1-lamda2)*E[i-1,p]
  }
}
#Statistik MZ
MZ=matrix(nrow=t)
trans=matrix(t(E),ncol=t,nrow=klmX)
for (i in 1:t){
  MZ[i,]=c2^-1*E[i,] %*% solve(mcov)%*%trans[,i]
}

```

```

}
batasMZ=matrix(nrow=t)
batasM2Z2=matrix(nrow=t)
for (i in 1:t)
{
  batasMZ[i,]=h4
  batasM2Z2[i,]=h5
}
Observasi=cbind(1:t)

Data=data.frame(Observasi,MZ,M2Z2,batasMZ,batasM2Z2)
yaxis <- list(title = "MZ-M2Z^2")
plot_ly(Data, x = ~Observasi) %>%
  add_lines(y=~M2Z2,color=I("green"),name="Garis
M2Z^2")%>%
  add_markers(y=~M2Z2,color=I("green"),name="Titik
M2Z^2")%>%
  add_lines(y=~MZ,color=I("red"),name="Garis MZ")%>%
  add_markers(y=~MZ,color=I("red"),name="Titik
MZ")%>%
  add_lines(y=~batasMZ,name="UCL MZ",color=I("blue"))
%>%
  add_lines(y=~batasM2Z2,name="UCL
M2Z^2",color=I("orange")) %>%
  layout(yaxis=yaxis)
})

output$summary<- renderPrint({
  X=values$df
  #Z1
  lamda1=input$lamda1
  lamda2=input$lamda2
  h4=input$UCL1
  h5=input$UCL2
  t=nrow(X)

```

```

klmX=ncol(X)
Z1=matrix(ncol=klmX, nrow=t)
for (i in 1:t){
  for (j in 1:klmX){
    Z1[i,j]=(X[i,j]-mean(X[,j]))/sd(X[,j])
  }
}
#Z2
Z2<=-Z1^2
#Matrix VarCovar
mcov=matrix(ncol=klmX,nrow=klmX)
for (i in 1:klmX) {
  for (j in 1:klmX){
    mcov[i,j]=cov(Z1[,i],Z1[,j])
  }
}
#C
c1=lamda1/(2-lamda1)
c2=lamda2/(2-lamda2)
#### VARIABILITAS PROSES ####
#E2
E2=matrix(ncol=klmX, nrow=t)
for (p in 1:klmX){
  E2[1,p]=lamda1*Z2[1,p]+(1-lamda1)*1
}
for (i in 2:t){
  for (p in 1:klmX){
    E2[i,p]=lamda1*(sqrt(1)*Z2[i,p])+(1-lamda1)*E2[i-1,p]
  }
}
#Statistik M2z2
M2Z2=matrix(nrow=t)
trans1=matrix(t(E2),ncol=t,nrow=klmX)

```

```

for (i in 1:t){
  M2Z2[i,]=(2*c1)^-1*E2[i,] %*%
solve(mcov^2)%*%trans1[,i]
}

#### MEAN PROSES ####
#E
E=matrix(ncol=klmX, nrow=t)
for (p in 1:klmX){
  E[1,p]=lamda2*Z1[1,p]
}
for (i in 2:t){
  for (p in 1:klmX){
    E[i,p]=lamda2*(sqrt(1)*Z1[i,p])+(1-lamda2)*E[i-1,p]
  }
}
#Statistik MZ
MZ=matrix(nrow=t)
trans=matrix(t(E),ncol=t,nrow=klmX)
for (i in 1:t){
  MZ[i,]=c2^-1*E[i,] %*% solve(mcov)%*%trans[,i]
}
batasMZ=matrix(nrow=t)
batasM2Z2=matrix(nrow=t)
for (i in 1:t)
{
  batasMZ[i,]=h4
  batasM2Z2[i,]=h5
}
Data=data.frame(cbind(c(1:t),MZ,M2Z2,batasMZ,batasM2Z2)
)
ooc1=matrix(nrow=t)
ooc2<-matrix(nrow=t)
for(i in 1:t){
  ifelse((Data[i,2]>h4),

```

```

ooc1[i]<-1,
  ooc1[i]<-0)
}
for(i in 1:t){
  ifelse((Data[i,3]>h5),
    ooc2[i]<-1,
    ooc2[i]<-0)
  }
  Number_of_OOC_MZ<-sum(ooc1)
  Number_of_OOC_M2Z2<-sum(ooc2)
  Max_MZ<-max(Data[,2])
  Max_M2Z2<-max(Data[,3])
  data<-
data.frame(Number_of_OOC_MZ,Max_MZ,Number_of_OOC
_M2Z2,Max_M2Z2)
  print(data)
})

output$datachart <- DT::renderDataTable({
  X=values$df
  DT::datatable(data.frame(X),
    options=list(scrollX=TRUE,
      lengthMenu=c(10,25,50,100)))
})
output$varcovar_1<- renderPrint({
  X=values$df
  #Z1
  h4=input$UCL1
  h5=input$UCL2
  t=nrow(X)
  klmX=ncol(X)
  Z1=matrix(ncol=klmX, nrow=t)
  for (i in 1:t){
    for (j in 1:klmX){
      Z1[i,j]=(X[i,j]-mean(X[,j]))/sd(X[,j])
    }
  }
})

```



```

}
}
Z2=Z1^2
#Matrix VarCovar
mcov=matrix(ncol=klmX,nrow=klmX)
for (i in 1:klmX) {
  for (j in 1:klmX){
    mcov[i,j]=(cov(Z1[,i],Z1[,j]))^2
  }
}
print(mcov)
})

output$varcovar_2<- renderPrint({
  X=values$df
  h4=input$UCL1
  h5=input$UCL2
  t=nrow(X)
  klmX=ncol(X)
  Z1=matrix(ncol=klmX, nrow=t)
  for (i in 1:t){
    for (j in 1:klmX){
      Z1[i,j]=(X[i,j]-mean(X[,j]))/sd(X[,j])
    }
  }
  #Matrix VarCovar
  mcov=matrix(ncol=klmX,nrow=klmX)
  for (i in 1:klmX) {
    for (j in 1:klmX){
      mcov[i,j]=cov(Z1[,i],Z1[,j])
    }
  }
  print(mcov)
})

```

```
##### FASE II #####

output$controlchart2<- renderPlotly({
  X=values$df
  X_2=fase2
  lamda1=input$lamda1
  lamda2=input$lamda2
  h4=input$UCL1
  h5=input$UCL2
  #Z1
  t=nrow(X_2)
  klmX_2=ncol(X_2)
  Z1=matrix(ncol=klmX_2, nrow=t)
  for (i in 1:t){
    for (j in 1:klmX_2){
      Z1[i,j]=(X_2[i,j]-mean(X_2[,j]))/sd(X_2[,j])
    }
  }

  #Z2
  Z2<-Z1^2
#MatriX VarCovar
#Z1_COVAR
t_Covar=nrow(X)
klmX_2_Covar=ncol(X)
Z1_Covar=matrix(ncol=klmX_2_Covar,nrow=t_Covar)
for (i in 1:t_Covar){
  for (j in 1:klmX_2_Covar){
    Z1_Covar[i,j]=(X[i,j]-mean(X[,j]))/sd(X[,j])
  }
}
mcov=matrix(ncol=klmX_2,nrow=klmX_2)
for (i in 1:klmX_2) {
  for (j in 1:klmX_2){
```

```

mcov[i,j]=cov(Z1_Covar[,i],Z1_Covar[,j])
    }
  }
  #C
  c1=lamda1/(2-lamda1)
  c2=lamda2/(2-lamda2)
  ##### VARIABILITAS PROSES #####
  #E2
  E2=matrix(ncol=klmX_2, nrow=t)
  for (p in 1:klmX_2){
    E2[1,p]=lamda1*Z2[1,p]+(1-lamda1)*1
  }

  for (i in 2:t){
    for (p in 1:klmX_2){
      E2[i,p]=lamda1*(sqrt(1)*Z2[i,p])+(1-lamda1)*E2[i-1,p]
    }
  }

  #Statistik M2z2
  M2Z2=matrix(nrow=t)
  trans1=matrix(t(E2),ncol=t,nrow=klmX_2)
  for (i in 1:t){
    M2Z2[i,]=(2*c1)^-1*E2[i,] %*%
    solve(mcov^2)%*%trans1[i,]
  }
  ##### MEAN PROSES #####
  #E
  E=matrix(ncol=klmX_2, nrow=t)
  for (p in 1:klmX_2){
    E[1,p]=lamda2*Z1[1,p]
  }

  for (i in 2:t){
    for (p in 1:klmX_2){

```

```

E[i,p]=lamda2*(sqrt(1)*Z1[i,p])+(1-lamda2)*E[i-1,p]
}
}

#Statistik MZ
MZ=matrix(nrow=t)
trans=matrix(t(E),ncol=t,nrow=klmX_2)
for (i in 1:t){
  MZ[i,]=c2^-1*E[i,] %*% solve(mcov)%*%trans[,i]
}

batasMZ=matrix(nrow=t)
batasM2Z2=matrix(nrow=t)
for (i in 1:t)
{
  batasMZ[i,]=h4
  batasM2Z2[i,]=h5
}
### PLOT DIAGRAM KONTROL ####
Observasi=cbind(1:t)

Data=data.frame(Observasi,MZ,M2Z2,batasMZ,batasM2Z2)
yaxis <- list(title = "MZ-M2Z^2")
plot_ly(Data, x = ~Observasi) %>%
  add_lines(y=~M2Z2,color=I("green"),name="Garis
M2Z^2")%>%
  add_markers(y=~M2Z2,color=I("green"),name="Titik
M2Z^2")%>%
  add_lines(y=~MZ,color=I("red"),name="Garis MZ")%>%
  add_markers(y=~MZ,color=I("red"),name="Titik
MZ")%>%
  add_lines(y=~batasMZ,name="UCL MZ",color=I("blue"))
%>%
  add_lines(y=~batasM2Z2,name="UCL
M2Z^2",color=I("pink")) %>%

```

```

layout(yaxis=yaxis)
})

output$summary2<- renderPrint({
  X=values$df
  X_2=fase2
  lamda1=input$lamda1
  lamda2=input$lamda2
  h4=input$UCL1
  h5=input$UCL2
  #Z1
  t=nrow(X_2)
  klmX_2=ncol(X_2)
  Z1=matrix(ncol=klmX_2, nrow=t)
  for (i in 1:t){
    for (j in 1:klmX_2){
      Z1[i,j]=(X_2[i,j]-mean(X_2[,j]))/sd(X_2[,j])
    }
  }

  #Z2
  Z2<-Z1^2

  #MatriX VarCovar
  #Z1_COVAR
  t_Covar=nrow(X)
  klmX_2_Covar=ncol(X)
  Z1_Covar=matrix(ncol=klmX_2_Covar,nrow=t_Covar)
  for (i in 1:t_Covar){
    for (j in 1:klmX_2_Covar){
      Z1_Covar[i,j]=(X[i,j]-mean(X[,j]))/sd(X[,j])
    }
  }
  mcov=matrix(ncol=klmX_2,nrow=klmX_2)
  for (i in 1:klmX_2) {

```

```

for (j in 1:klmX_2){
  mcov[i,j]=cov(Z1_Covar[,i],Z1_Covar[,j])
}
}
#C
c1=lamda1/(2-lamda1)
c2=lamda2/(2-lamda2)
#### VARIABILITAS PROSES ####
#E2
E2=matrix(ncol=klmX_2, nrow=t)
for (p in 1:klmX_2){
  E2[1,p]=lamda1*Z2[1,p]+(1-lamda1)*1
}

for (i in 2:t){
  for (p in 1:klmX_2){
    E2[i,p]=lamda1*(sqrt(1)*Z2[i,p])+(1-lamda1)*E2[i-1,p]
  }
}

#Statistik M2z2
M2Z2=matrix(nrow=t)
trans1=matrix(t(E2),ncol=t,nrow=klmX_2)
for (i in 1:t){
  M2Z2[i,]=(2*c1)^-1*E2[i,] %*%
solve(mcov^2)%*%trans1[,i]
}

#### MEAN PROSES ####
#E
E=matrix(ncol=klmX_2, nrow=t)
for (p in 1:klmX_2){
  E[1,p]=lamda2*Z1[1,p]
}

```

```

for (i in 2:t){
  for (p in 1:klmX_2){
    E[i,p]=lamda2*(sqrt(1)*Z1[i,p])+(1-lamda2)*E[i-1,p]
  }
}

#Statistik MZ
MZ=matrix(nrow=t)
trans=matrix(t(E),ncol=t,nrow=klmX_2)
for (i in 1:t){
  MZ[i,]=c2^-1*E[i,] %*% solve(mcov)%*%trans[,i]
}

batasMZ=matrix(nrow=t)
batasM2Z2=matrix(nrow=t)
for (i in 1:t)
{
  batasMZ[i,]=h4
  batasM2Z2[i,]=h5
}

Data=data.frame(cbind(c(1:t),MZ,M2Z2,batasMZ,batasM2Z2)
)
ooc1=matrix(nrow=t)
ooc2<-matrix(nrow=t)
for(i in 1:t){
  ifelse((Data[i,2]>h4),
    ooc1[i]<-1,
    ooc1[i]<-0)
}
for(i in 1:t){
  ifelse((Data[i,3]>h5),
    ooc2[i]<-1,
    ooc2[i]<-0)
}

```

```

}
  Number_of_OOC_MZ<-sum(ooc1)
  Number_of_OOC_M2Z2<-sum(ooc2)
  Max_MZ<-max(Data[,2])
  Max_M2Z2<-max(Data[,3])
  data<-
data.frame(Number_of_OOC_MZ,Max_MZ,Number_of_OOC
_M2Z2,Max_M2Z2)
  print(data)
})

}

shinyApp(ui = ui, server = server)

```

Lampiran 11. Tampilan Dashboard



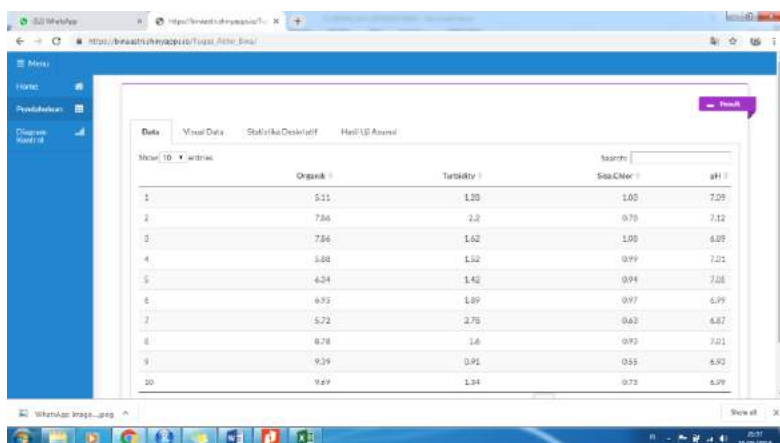


PTAM Surya Sembada Kota Surabaya
Jalan Dr. Moesono

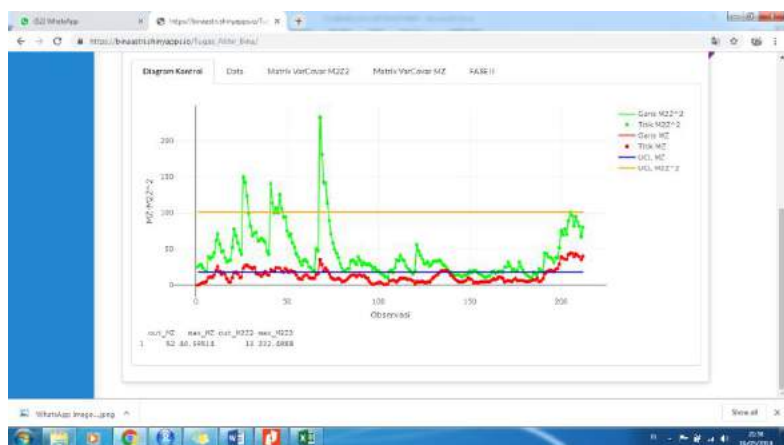
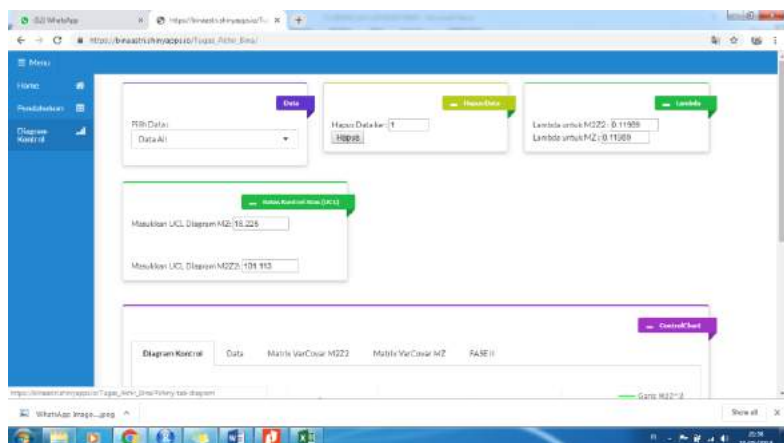
Peneliti melakukan analisis pengendalian kualitas menggunakan salah satu diagram kontrol multivariat, yaitu Kombinasi MEWMA. Diagram kontrol kombinasi MEWMA merupakan pengembangan dari diagram kontrol MEWMA. Dimana pada diagram kontrol Kombinasi MEWMA plot monitoring variabilitas dan target proses ditampilkan secara bersamaan. Sehingga lebih cepat mendeteksi out of control

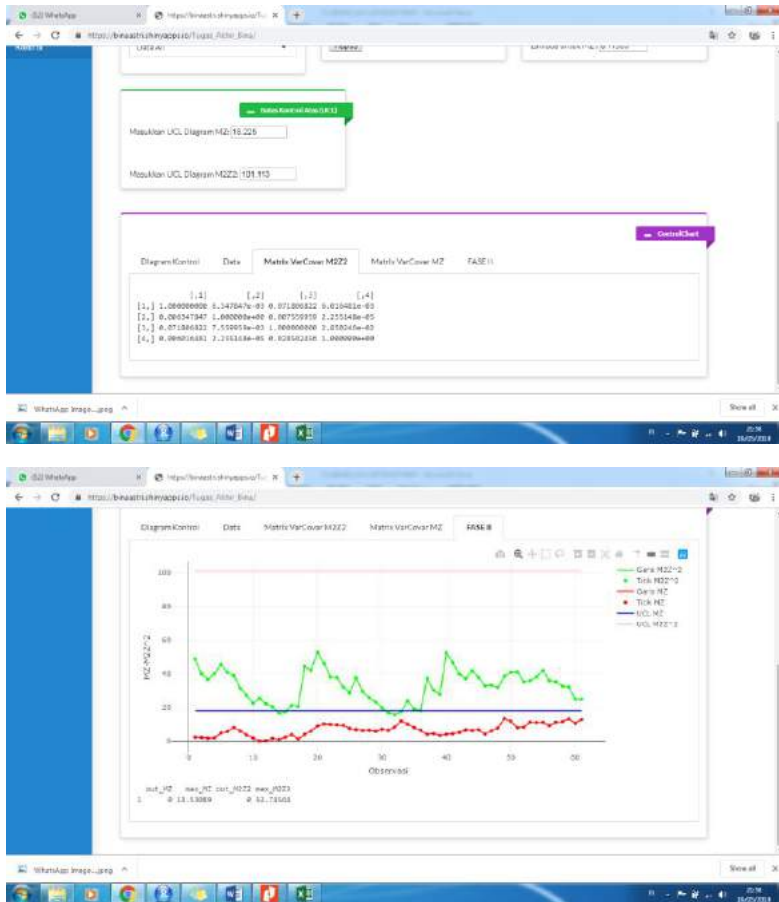
Batas kontrol yang digunakan berdasarkan pada kriteria ATS yang mana terdapat dalam Jurnal Reynolds dan Stoumbos (2008) yaitu 101,113 untuk diagram M222 dan 18,225 untuk diagram MZ. Batas kontrol kedua yang digunakan berdasarkan hasil simulasi kriteria ARL yaitu sebesar 292,84 untuk diagram M222 dan 14,81 untuk diagram MZ.

Profil Perusahaan: PTAM Surya Sembada Kota Surabaya



	Orangik	Turbiditi	Sisa Chlor	pH
1	5.11	1.35	1.05	7.29
2	7.86	2.2	0.78	7.12
3	7.86	1.62	1.05	6.99
4	5.88	1.52	0.99	7.21
5	4.34	1.42	0.94	7.28
6	6.93	1.89	0.97	6.99
7	5.72	2.78	0.63	6.87
8	8.78	1.6	0.93	7.21
9	9.29	0.91	0.55	6.93
10	9.69	1.34	0.72	6.99

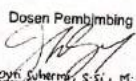
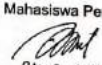




Lampiran 11A. Link untuk Membuka Dashboard

https://binaastri.shinyapps.io/Tugas_Akhir_Bina/

Lampiran 12. Surat Penerimaan Perusahaan

SURAT PERNYATAAN MAHASISWA PENELITIAN DI PDAM SURYA SEMBADA KOTA SURABAYA		
Saya yang bertanda tangan di bawah ini :		
Nama	BINA ASTRI SITOPRESMI	
Alamat	Keputih III B no. 388, Sukolilo, Surabaya	
No. HP	085731176742	
Universitas / Jurusan	Institut Teknologi Sepuluh Nopember / Statistika	
Judul Penelitian	Pengendalian Kualitas Statistika	
Lokasi Penelitian		
Waktu Penelitian	Januari 2019 s.d Juni 2019	
Pembimbing	Nayri Subhermi, S.Si, M.Sc	
No.HP.Pembimbing	081310548102	
Dengan ini menyatakan bahwa saya :		
- Bersedia ditempatkan di bagian / unit kerja yang sudah ditentukan oleh PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dan bersedia menyelesaikan tugas yang diberikan - Mematuhi persyaratan administrasi dan ketentuan yang berlaku di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya selama melakukan Penelitian - Tidak membuat dokumentasi data-data perusahaan dalam bentuk apapun (ch : foto, men-copy, men-scan) kecuali yang sudah diijinkan oleh PDAM Surya Sembada Kota Surabaya - Tidak mempublikasikan dalam bentuk apapun & dalam media apapun semua hasil penelitian tanpa seijin / sepengetahuan PDAM Surya Sembada Kota Surabaya - Laporan Hasil Penelitian diserahkan ke PDAM Surya Sembada Kota Surabaya (Sekretariat & Humas) paling lambat		
Demikian surat pernyataan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.		
Surabaya, 22 Januari 2019		
Dosen Pembimbing	Mahasiswa Penelitian	
 (.....Nayri Subhermi, S.Si, M.Sc.....)	 (.....BINA ASTRI S.....)	
Permintaan Data		
		Persetujuan Akses Data
		Dijinkan Tidak
- Data Kualitas Air di Ngapal dan Karang Pilang tahun 2018		✓
- 2017, 2016		
-		
-		
-		
-		
-		
*Catatan : Beri tanda (X) data yang disetujui untuk diakses. Data diberikan kepada mahasiswa setelah Surat Direksi PDAM telah disetujui & mahasiswa telah menyelesaikan tugas dari Pembimbing Penelitian dari PDAMJ		
* Persetujuan dari Pembimbing Penelitian / Bagian : ALFA ARYANA W / BPL-CP		
Tanda Tangan : 		

Lampiran 13. Dokumentasi Kunjungan ke Instalasi Ngagel I

SURAT PERNYATAAN

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

Nama : Bina Astri Sitoresmi

NRP : 062115 4000 0018

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

Sumber : Divisi Pengendalian dan Operasi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya

Keterangan : Data Karakteristik Air Periode Januari-Juli 2018

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

Mengetahui

Pembimbing Tugas Akhir

Surabaya, Juni 2019



Dr. Muhammad Mashuri, M.T
NIP. 19620408 198701 1 001



Bina Astri Sitoresmi
NRP. 062115 4000 0018

BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Bina Astri Sitoresmi dilahirkan di Kabupaten Tuban pada 4 Juni 1996. Penulis adalah anak kedua dari pasangan Suami Istri Koeri dan Rokilah. Pendidikan yang telah diselesaikan adalah pendidikan di TK PGRI Plumpang, SDN 01 Plumpang (2006-2009), SMP Negeri 1 Plumpang (2009-2012), SMA Negeri 1 Tuban (2012-2015). Setelah lulus dari SMA

penulis diterima di Jurusan Statistika ITS melalui jalur SNMPTN dengan NRP 1314100018. Selain mengikuti kegiatan akademik, penulis juga aktif di beberapa organisasi kampus diantaranya yaitu sebagai Staf Bendahara HIMASTA-ITS periode 2016-2017, Staf Bidang Keuangan Koperasi Mahasiswa dr. Angka ITS periode 2016-2017, Bendahara Umum HIMASTA-ITS periode 2017-2018, Asisten Bidang Hubungan Masyarakat Koperasi Mahasiswa dr. Angka ITS periode 2017-2018, Ketua Marketing Cicak Corps Koperasi Mahasiswa dr. Angka ITS periode 2017-2018 dan Ketua Bidang Administrasi Umum Koperasi Mahasiswa dr. Angka ITS periode 2018-2019. Penulis juga aktif mengikuti kepanitiaan seperti Bendahara *Data Analysis Competition* periode 2017. Selain itu penulis juga aktif mengikuti kepanitiaan lain seperti ITS EXPO yang telah diakui sebagai *event* tahunan Jawa Timur, pembendahara UKM Expo, Kesekretartan Gerigi ITS, dan kegiatan lainnya. Apabila pembaca ingin memberikan kritik dan saran terkait Laporan Tugas Akhir ini, dapat menghubungi penulis melalui email ashofya99@gmail.com atau melalui nomor 085731196742.