

PENGENDALIAN KUALITAS PRODUKSI AIR MENGGUNAKAN PETA KENDALI MULTIVARIAT T^2 HOTELLING SERTA ANALISIS KEMAMPUAN PROSES (Studi Kasus di PDAM Kabupaten Sleman)

Puri Fathurrahmi¹, Noviana Pratiwi^{2*}

^{1,2}Jurusan Statistika, FST, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

E-mail: puri.fathur15@gmail.com¹, novianapратиwi@akprind.ac.id²

Abstrak. PDAM Kabupaten Sleman merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang penyediaan air bersih. PDAM Kabupaten Sleman menggunakan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air minum sebagai acuan dalam mengawasi kualitas air yang diproduksi. Data kualitas air merupakan jenis data multivariat karena air mempunyai lebih dari satu macam parameter pengukuran kualitas. Pengendalian kualitas secara multivariat dapat dilakukan dengan menggunakan peta kendali multivariat T^2 Hotelling. Pembuatan peta kendali ini dapat dilakukan melalui dua fase. Fase I digunakan untuk mendapatkan estimasi vektor mean dan matrik varian kovarian dengan pengamatan terkendali sedangkan fase II berguna untuk memantau proses dengan data baru. Setelah peta dalam keadaan terkendali, dilakukan analisis kemampuan proses guna memperkirakan seberapa baik proses dalam memenuhi spesifikasi produk yang telah ditetapkan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengendalian kualitas produksi air PDAM kabupaten Sleman menggunakan peta kendali T^2 Hotelling serta analisis kemampuan proses. Berdasarkan analisis yang dilakukan pada fase I diperoleh proses yang tidak terkendali secara statistik pada periode Januari-Desember 2017 yaitu pada subgrup 1, 3, 8, dan 11. Data pengamatan yang tidak terkendali tersebut dihapus dan dilakukan perhitungan ulang. Setelah dilakukan perbaikan proses dan peta dalam keadaan terkendali, maka dilanjutkan ke fase II kemudian dilanjutkan dengan analisis kemampuan proses. Nilai kemampuan proses (C_p) pada fase I dan II masing-masing sebesar 2,6953 dan 1,9401, karena nilai $C_p > 1$ maka proses produksi air sudah berjalan dengan sangat baik sesuai dengan spesifikasi produk yang ditentukan.

Kata kunci: Peta kendali multivariat, Peta kendali T^2 Hotelling, Analisis kemampuan proses

1. PENDAHULUAN

Pengelolaan dan pemenuhan kebutuhan air bersih dilakukan oleh badan usaha penyediaan air minum di kabupaten Sleman bernama Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Diharapkan dengan adanya badan penyedia air bersih ini maka akan membantu dalam mengurangi penurunan air tanah di kabupaten Sleman dan Yogyakarta akibat dari tingginya tingkat kebutuhan air di wilayah tersebut.

PDAM kabupaten Sleman melakukan pengendalian kualitas air yang dilakukan oleh dinas kesehatan dengan mengambil beberapa sampel air keran tiap bulannya. Parameter kualitas yang dianalisa adalah parameter fisik dan kimia sesuai yang terkandung dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Air minum yang berkualitas dapat dilihat dari parameter fisik dan kimia yang terkandung di dalamnya, parameter tersebut terdiri dari warna, kekeruhan, jumlah zat padat terlarut (TDS), aluminium, besi, kesadahan, khlorida, mangan, pH, seng, sulfat, tembaga, dan amonia.

Data kualitas air mempunyai lebih dari satu macam parameter pengukuran kualitas, sehingga termasuk dalam kategori data multivariat. Pengendalian kualitas secara multivariat dapat dilakukan dengan menggunakan peta kendali. Salah satu peta kendali untuk data multivariat yang paling populer adalah multivariat T^2 Hotelling. Peta kendali T^2 Hotelling adalah salah satu metode dalam SPC yang diperkenalkan oleh Hotelling pada tahun 1947. T^2

*Corresponding author's email: : novianapратиwi@akprind.ac.id

Hotelling merupakan suatu skalar yang mengkombinasikan informasi varians dan mean dari beberapa variabel. Pembuatan peta kendali ini dapat dilakukan melalui dua fase. Fase I digunakan untuk mendapatkan estimasi vektor mean dan matrik varian kovarian dengan pengamatan terkendali sedangkan fase II berguna untuk memantau proses dengan data baru.

Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini akan dilakukan analisis pengendalian kualitas menggunakan peta kendali multivariat T^2 Hotelling serta analisis kemampuan proses. Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian padar parameter fisik dan kimia air yang diproduksi. Data yang diperoleh akan dibuat ke dalam beberapa subgrup dimana masing-masing subgrup terdiri dari 4 sampel. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah kualitas produksi air PDAM Kabupaten Sleman berada dalam keadaan terkendali atau tidak. Serta untuk mengetahui seberapa baik proses pengendalian kualitas yang telah dilakukan oleh PDAM Kabupaten Sleman.

2. TEORI PENUNJANG

Pengendalian Kualitas Statistik

Pengendalian kualitas statistik adalah ilmu yang mempelajari tentang teknik atau metode penyelesaian masalah yang digunakan untuk memonitor, mengendalikan kualitas produk dan proses berdasarkan prinsip atau konsep statistik.

Pengendalian kualitas statistik berdasarkan jumlah variabelnya dibedakan menjadi dua macam, yaitu pengendalian kualitas statistik univariat, dimana hanya ada satu variabel yang berpengaruh terhadap proses, dan pengendalian kualitas statistik multivariat yang melibatkan lebih dari satu variabel yang memiliki pengaruh terhadap proses.

Peta Kendali

Peta kendali adalah salah satu alat yang digunakan dalam pengendalian kualitas baik industri jasa maupun manufaktur. Peta kendali adalah tampilan dalam bentuk grafik dari beberapa karakteristik kualitas yang telah diukur dan telah dihitung sebelumnya (Montgomery, 2009).

Peta kendali adalah suatu grafik yang digunakan untuk mengamati kualitas secara rutin. berdasarkan jumlah variabel yang diteliti dan dikontrol, peta kendali terbagi menjadi dua macam, yaitu peta kendali univariat dimana variabel yang diteliti dan dikontrol hanya satu, dan peta kendali multivariat dimana variabel yang diteliti dan dikontrol ada lebih dari satu.

Komponen dari peta kendali dibedakan menjadi 3 macam, antara lain sebagai berikut:

1. Garis Tengah
2. Sepasang batas kendali, yaitu batas kendali atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB).
3. Tebaran nilai-nilai karakteristik kualitas yang menggambarkan keadaan dari proses.

Analisis Multivariat

Analisis multivariat merupakan metode analisis data yang terdiri dari banyak variabel dimana antara tiap variabel saling dependen (Johnson & Whincern, 2007). Asumsi yang harus dipenuhi dalam analisis multivariat adalah variabel pada data harus berdistribusi normal multivariat dan saling berkorelasi.

Uji Normalitas

Pemeriksaan distribusi normal multivariat untuk $p \geq 2$ dapat dilakukan dengan cara membuat Q-Q plot dari nilai jarak Mahalanobis sebagai berikut.

$$d_j^2 = (x_j - \bar{x}_{.k})' S^{-1} (x_j - \bar{x}_{.k}) \quad (1)$$

Keterangan:

- S^{-1} = invers matrik varian kovarian
 x_j = objek pengamatan ke-j
 $\bar{x}_{.k}$ = rata-rata variabel kualitas ke-k

d_j^2 = nilai jarak Mahalanobis

j = sampel ke 1, 2, ..., n

Hipotesis

H0: Data berdistribusi normal multivariat

H1: Data tidak berdistribusi normal multivariat

Daerah kritis : H₀ ditolak jika $d_j^2 \leq X_{[p,(j-0,5)/n]}^2$ berjumlah kurang dari 50% jumlah data.

Uji Korelasi

Uji korelasi digunakan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan antara tiap variabel dengan variabel lain.

Hipotesis

H₀ : tidak terdapat korelasi antar variabel

H₁ : terdapat korelasi antar variabel

Taraf Nyata: α

Statistik Uji

$$X^2 = - \left(n - 1 - \frac{2p+5}{6} \right) \ln |R| \quad (2)$$

Keterangan:

R = matriks korelasi sampel

|R| = determinan matrik korelasi

n = jumlah pengamatan atau data

p = jumlah variabel kualitas

Jika tingkat signifikan α ditentukan, maka H₀ ditolak bila $X^2 > X_{(\alpha;df)}^2$, dimana $df = p(p-1)/2$. Jika H₀ ditolak maka terdapat korelasi antar variabel kualitas.

Peta Kendali T² Hotelling

Salah satu pendekatan dalam mengontrol dan memonitor rata-rata proses pada kasus multivariat yaitu dengan menggunakan peta kendali T² Hotelling. Peta kendali T² Hotelling merupakan generalisasi dari statistik t-Student.

Untuk membuat peta kendali ini data dibagi menjadi dua bagian yaitu data pertama digunakan untuk fase I yang merupakan fase persiapan dan selebihnya digunakan untuk fase II yang berguna untuk memvalidasi peta kendali sehingga digunakan sebagai peta pengendalian proses di masa yang akan datang.

Peta Kendali T² Hotelling Fase I

Langkah awal dalam fase I yaitu sampel dianalisis untuk menentukan apakah proses berada dalam keadaan terkendali atau tidak. Suatu proses dikatakan tidak terkendali apabila ada pengamatan dalam kasus ini nilai T² berada di atas batas kendali atas (BKA).

Jika proses tidak terkendali maka dilakukan perbaikan proses dengan cara mengeluarkan pengamatan yang berada di luar batas kendali, kemudian dilakukan perhitungan ulang. Pada akhirnya didapatkan pengamatan yang telah berada dalam batas kendali yang selanjutnya digunakan sebagai data acuan. Jika proses sudah terkendali, maka parameter yang diestimasi, yaitu vektor mean dan matrik varians kovarian dapat digunakan pada fase II untuk memantau proses.

Peta kendali T² Hotelling memiliki dua batas kontrol yaitu Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB). Proses dikatakan tidak terkendali jika terdapat pengamatan yang keluar dari batas kontrol (Montgomery, 1990).

Perhitungan BKA dan BKB yang digunakan pada fase I adalah sebagai berikut.

$$BKA = \frac{p(m-1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{\alpha,p,(mn-m-p+1)} \quad BKB = 0, \text{ karena } T^2 \geq 0 \text{ (tidak pernah negatif)}$$

Keterangan:

- p = banyaknya karakteristik kualitas
 m = banyaknya subgrup
 n = ukuran sampel

Peta Kendali T² Hotelling Fase II

Pada fase II, peta kendali dibuat untuk memeriksa apakah parameter yang diestimasi pada fase I sudah tepat, yaitu dengan cara memantau apakah ada pergeseran mean jika menggunakan pengamatan yang baru.

Perhitungan BKA dan BKB yang digunakan pada fase II adalah sebagai berikut.

$$BKA = \frac{p(m+1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{\alpha,p,(mn-m-p+1)}$$

BKB = 0, karena $T^2 \geq 0$ (tidak pernah negatif)

Analisis Kemampuan Proses

Analisis kemampuan proses adalah teknik statistik yang berguna untuk kuantifikasi variabilitas proses, analisis variabilitas relatif terhadap persyaratan atau spesifikasi produk, dan untuk membantu pengembangan dan produksi dalam menghilangkan atau mengurangi dengan banyak variabilitas ini (Montgomery, 1990).

Jika peta kendali dalam keadaan terkendali statistik maka nilai indeks kemampuan proses (C_p) multivariat ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$C_p = \frac{k}{X_{p,0,9973}} \left(\frac{(m-1)p}{h} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

Keterangan:

m = banyak pengamatan pada peta kendali yang sudah terkendali

p = banyaknya karakteristik

$X_{p,0,9973}$ = batasan produk sebenarnya

Proses dikatakan kapabel atau berjalan dengan baik jika nilai $C_p > 1$.

3. METODOLOGI

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data parameter fisik dan kimia air produksi PDAM Kabupaten Sleman pada bulan Januari 2017 - Mei 2018. Data tersebut akan dibagi menjadi dua. Periode pertama dimulai dari bulan Januari-Desember 2018 akan digunakan pada pembuatan peta kendali fase I dan Periode kedua dimulai dari bulan Januari-Mei 2018 akan digunakan pada pembuatan peta kendali fase II. Variabel dalam penelitian ini adalah warna (X_1), kekeruhan (X_2), TDS (X_3), besi (X_4), kesadahan (X_5), khlorida (X_6), mangan (X_7), Ph (X_8), seng (X_9), dan sulfat (X_{10}).

Analisis data pada penelitian ini akan dilakukan dengan pengolahan secara komputerisasi menggunakan Microsoft Excel. Metode analisis data dalam penelitian ini adalah:

1. Melakukan analisis deskriptif pada variabel kualitas air produksi.
2. Melakukan pengujian dan pemeriksaan asumsi multivariat normal.
3. Melakukan uji korelasi antar variabel kualitas.
4. Menganalisis proses pada fase I dengan membuat peta kendali T² Hotelling menggunakan data bulan Januari sampai Desember 2017.
5. Mengidentifikasi titik pengamatan pada fase I apakah berada dalam batas kendali atau tidak. Jika proses telah terkendali secara statistik maka vektor mean dan matrik varians kovarian pada fase I akan digunakan untuk pembuatan peta kendali pada fase II. Jika belum terkendali maka dilakukan perbaikan proses dengan menghilangkan subgrup yang tidak terkendali.

6. Menganalisis kualitas proses pada fase II dengan menggunakan vektor mean dan matrik varians kovarian pada fase I. Jika analisis pada fase II menunjukkan bahwa proses dalam keadaan terkendali, maka dapat dilanjutkan dengan analisis kemampuan proses.
7. Setelah mengetahui nilai kemampuan proses, maka dapat diambil kesimpulan dari analisis yang telah dilakukan.

4. PEMBAHASAN

Berdasarkan data kualitas air PDAM Kabupaten Sleman pada periode Januari-Desember 2017 dan periode Januari-Mei 2018, dilakukan analisis menggunakan peta kendali multivariat T^2 Hotelling dengan pengamatan subgroup serta analisis kemampuan proses.

Karakteristik Kualitas Produksi Air PDAM Sleman

Analisis deskriptif digunakan untuk melihat gambaran umum dari kedua data yang digunakan yaitu data kualitas air periode Januari-Desember 2017 dan data air periode Januari-Mei 2018.

Tabel 1. Karakteristik Data Kualitas Produksi Air PDAM Fase I

Variabel	N	Rata-rata	Maks	Min	BSA	BSB
X ₁	48	2,7292	15	0	15	0
X ₂	48	210,2271	633	115	500	0
X ₃	48	0,2610	2,53	0	5	0
X ₄	48	0,1552	0,746	0	0,3	0
X ₅	48	94,0833	332	0	500	0
X ₆	48	20,7879	117,49	0	250	0
X ₇	48	0,0732	0,516	0	0,4	0
X ₈	48	7,4040	8,15	6,85	8,5	6,5
X ₉	48	0,0855	0,562	0	3	0
X ₁₀	48	25,2834	250	0	250	0

Berdasarkan Tabel 1 dapat ditunjukkan bahwa pada periode Januari-Desember 2017 dari sepuluh variabel kualitas, rata-rata nilai untuk variabel Warna sebesar 2,7292; TDS sebesar 210,2271; Keekeruhan sebesar 0,2610; Besi sebesar 0,1552; Kesadahan sebesar 94,0833; Klorida sebesar 20,7879; Mangan sebesar 0,0732; pH sebesar 7,4040; Seng sebesar 0,0855; Sulfat sebesar 25,2834.

Berdasarkan Tabel 1 ditunjukkan pula nilai batas spesifikasi atas (BSA) dan batas spesifikasi bawah (BSB) yang telah ditentukan oleh pemerintah seperti yang terkandung dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Berdasarkan batas tersebut dapat ditunjukkan bahwa variabel TDS memiliki nilai pengamatan maksimal sebesar 633 mg/l yang lebih besar dari BSA TDS yaitu sebesar 500 mg/l, kemudian variabel Besi memiliki nilai pengamatan maksimal sebesar 0,746 mg/l yang lebih besar dari BSA Besi yaitu sebesar 0,3 mg/l, dan variabel Mangan memiliki nilai pengamatan maksimal sebesar 0,516 mg/l yang lebih besar dari BSA Mangan yaitu sebesar 0,4 mg/l, maka dapat dikatakan bahwa variabel TDS, Besi, dan Mangan memiliki nilai pengamatan di luar batas spesifikasi yang telah ditetapkan oleh pemerintah.

Tabel 2. Karakteristik Data Kualitas Produksi Air PDAM Fase II

Variabel	N	Rata-rata	Maks	Min	BSA	BSB
X ₁	20	2,5500	9	0	15	0
X ₂	20	180,6750	263	89,5	500	0
X ₃	20	0,2555	1,57	0	5	0
X ₄	20	0,1934	0,918	0	0,3	0
X ₅	20	89,4000	294	0	500	0

Variabel	N	Rata-rata	Maks	Min	BSA	BSB
X ₆	20	12,2115	29,93	0,71	250	0
X ₇	20	0,0482	0,159	0	0,4	0
X ₈	20	7,1750	7,58	6,67	8,5	6,5
X ₉	20	0,3136	1,56	0	3	0
X ₁₀	20	14,2142	41,3	1,48	250	0

Berdasarkan Tabel 2 dapat ditunjukkan bahwa pada periode Januari-Mei 2018 dari sepuluh variabel kualitas, rata-rata nilai untuk variabel Warna sebesar 2,55; TDS sebesar 180,675; Kekeruhan sebesar 0,2555; Besi sebesar 0,1934; Kesadahan sebesar 89,4; Klorida sebesar 12,2115; Mangan sebesar 0,0482; pH sebesar 7,175; Seng sebesar 0,3136; Sulfat sebesar 14,2142.

Berdasarkan Tabel 2 ditunjukkan pula nilai batas spesifikasi atas (BSA) dan batas spesifikasi bawah (BSB) yang telah ditentukan oleh pemerintah seperti yang terkandung dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Berdasarkan batas tersebut dapat ditunjukkan bahwa variabel Besi memiliki nilai pengamatan maksimal sebesar 0,918 mg/l yang lebih besar dari BSA Besi yaitu sebesar 0,3 mg/l, maka dapat dikatakan variabel Besi memiliki nilai pengamatan di luar batas spesifikasi yang telah ditetapkan oleh pemerintah.

Uji Normalitas Fase I

Pemeriksaan distribusi normal multivariat dapat diasumsikan dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut.

Hipotesis

H₀: Data berdistribusi normal multivariat

H₁: Data tidak berdistribusi normal multivariat

Statistik Uji: $d_j^2 = (x_j - \bar{x}_{.k})'S^{-1}(x_j - \bar{x}_{.k})$

Daerah Kritis :

H₀ ditolak jika nilai $d_j^2 \leq X_{[p,(j-0,5)/n]}^2$ berjumlah kurang dari 50% jumlah data.

Kesimpulan: Dari hasil perhitungan, jumlah nilai $d_j^2 \leq X_{[p,(j-0,5)/n]}^2$ adalah sebanyak 37 dari 48 sampel atau sebesar 77,08%. Maka H₀ tidak ditolak, artinya data tersebut berdistribusi normal multivariat.

Uji Normalitas Fase II

Pemeriksaan distribusi normal multivariat dapat diasumsikan dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut.

Hipotesis

H₀: Data berdistribusi normal multivariat

H₁: Data tidak berdistribusi normal multivariat

Statistik Uji: $d_j^2 = (x_j - \bar{x}_{.k})'S^{-1}(x_j - \bar{x}_{.k})$

Daerah Kritis : H₀ ditolak jika nilai $d_j^2 \leq X_{[p,(j-0,5)/n]}^2$ berjumlah kurang dari 50% jumlah data.

Kesimpulan: Dari hasil perhitungan, jumlah nilai $d_j^2 \leq X_{[p,(j-0,5)/n]}^2$ adalah sebanyak 13 dari 20 sampel atau sebesar 65%. Maka H₀ tidak ditolak, artinya data tersebut berdistribusi normal multivariat.

Uji Korelasi Fase I

Pengujian hubungan antar variabel pada fase I berdasarkan periode Januari-Desember 2017 dapat diasumsikan dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut.

Hipotesis

H₀: tidak terdapat korelasi antar variabel

H₁: terdapat korelasi antar variabel

Taraf Nyata: $\alpha = 0,001$

Statistik Uji : $X^2_{hitung} = - \left(n - 1 - \frac{2p+5}{6} \right) \ln|R|$

Daerah Kritis : H₀ ditolak bila $X^2_{hitung} > X^2_{(\alpha;p(p-1)/2)}$

Kesimpulan: Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai X^2_{hitung} yang lebih besar dari $X^2_{(\alpha;df)}$ ($222,7253 > 80,0767$) maka H₀ ditolak, artinya terdapat korelasi antar variabel kualitas.

Uji Korelasi Fase II

Pengujian hubungan antar variabel pada fase II berdasarkan periode Januari-Mei 2018 dapat diasumsikan dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut.

Hipotesis

H₀ : tidak terdapat korelasi antar variabel

H₁ : terdapat korelasi antar variabel

Taraf Nyata: $\alpha = 0,001$

Statistik Uji : $X^2_{hitung} = - \left(n - 1 - \frac{2p+5}{6} \right) \ln|R|$

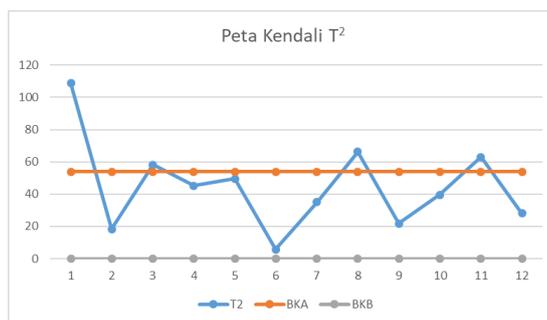
Daerah Kritis : H₀ ditolak bila $X^2_{hitung} > X^2_{(\alpha;p(p-1)/2)}$

Kesimpulan: Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai X^2_{hitung} yang lebih besar dari $X^2_{(\alpha;df)}$ ($96,7936 > 80,0767$) maka H₀ ditolak, artinya terdapat korelasi antar variabel kualitas.

Karena kedua asumsi sudah terpenuhi maka dapat dilanjutkan ke pembuatan peta kendali T² Hotelling fase I.

Peta Kendali T² Hotelling Fase I

Fase I bertujuan untuk mendapatkan pengamatan yang prosesnya terkendali. Fase I menggunakan data kualitas air produksi periode Januari-Desember 2017.



Gambar 1. Peta Kendali T² Hotelling Fase I

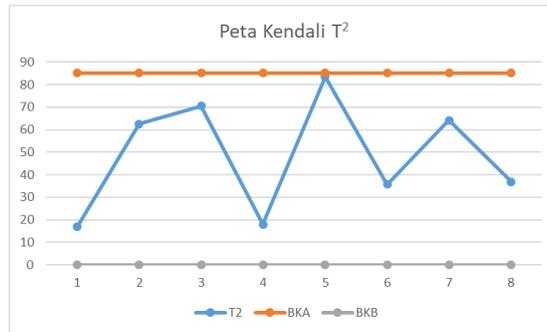
Berdasarkan peta kendali T² Hotelling pada Gambar 1 diketahui bahwa ada data pengamatan yang berada di luar batas kendali atas (BKA) yaitu pada subgroup 1, 3, 8, dan 11. Dapat disimpulkan bahwa kualitas produksi air minum PDAM Kabupaten Sleman pada periode Januari-Desember 2017 dalam keadaan tidak terkendali secara statistik. Hal ini mengindikasikan bahwa ada faktor-faktor yang turut menyebabkan kualitas air produksi berada dalam keadaan tidak terkendali, sehingga perlu adanya pemeriksaan guna mencari

faktor-faktor penyebab tidak terkendalinya kualitas air produksi untuk kemudian diambil tindakan dalam mengendalikan permasalahan tersebut.

Karena proses berada dalam keadaan tidak terkendali, maka harus dilakukan perbaikan proses dengan menghilangkan data subgroup yang berada di luar batas kendali.

Perbaikan Proses Peta Kendali T^2 Hotelling Fase I

Setelah data subgroup ke-1, 3, 8, dan 11 dihapus, maka didapat peta kendali sebagai berikut.

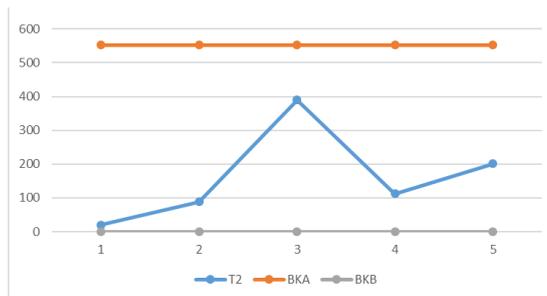


Gambar 2. Peta Kendali T^2 Hotelling Setelah Perbaikan Proses

Berdasarkan peta kendali T^2 Hotelling pada Gambar 2 diketahui bahwa semua data pengamatan berada di dalam batas kendali atas (BKA). Dapat disimpulkan bahwa Kualitas produksi air minum PDAM Kabupaten Sleman pada periode Januari-Desember 2017 dalam keadaan terkendali secara statistik. Setelah proses telah terkendali secara statistik maka dapat dilanjutkan dengan pembuatan peta kendali T^2 Hotelling fase II menggunakan vektor mean (\bar{X}) dan matrik varians kovarian (S) pada fase I yang telah direvisi.

Peta Kendali T^2 Hotelling Fase II

Fase II bertujuan untuk memvalidasi peta kendali sehingga dapat digunakan sebagai peta pengendalian proses di masa yang akan datang. Fase II menggunakan data kualitas air produksi periode Januari-Mei 2018.



Gambar 3. Peta Kendali T^2 Hotelling Fase II

Berdasarkan peta kendali T^2 Hotelling pada Gambar 3 diketahui bahwa semua data pengamatan berada di dalam batas kendali atas (BKA). Dapat disimpulkan bahwa kualitas produksi air minum PDAM Kabupaten Sleman pada periode Januari-Mei 2018 dalam keadaan terkendali secara statistik. Setelah proses telah terkendali secara statistik maka dapat dilanjutkan dengan analisis kemampuan proses.

Analisis Kemampuan Proses

Analisis kemampuan proses bertujuan menggambarkan seberapa baik proses dalam memenuhi spesifikasi produk yang telah ditetapkan perusahaan. Perhitungan indeks

kemampuan proses memerlukan kondisi proses yang terkendali. Kemampuan proses dikatakan baik jika indeks Cp bernilai sama dengan 1, jika Cp bernilai kurang dari 1 maka kemampuan proses dikatakan buruk, dan jika Cp bernilai lebih dari 1 maka kemampuan proses dikatakan sangat baik.

Hasil perhitungan indeks kemampuan prosesnya adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Indeks Kemampuan Proses Fase I dan II

Periode	m	p	$X^2_{(10;0,9973)}$	Cp
Fase I	8	10	26,9009	2,6953
Fase II	5	10	26,9009	1,9401

Berdasarkan Tabel 3 diketahui jika nilai Cp pada periode Januari-Desember 2017 adalah sebesar 2,6953 dan nilai Cp pada periode Januari-Mei 2018 adalah sebesar 1,9401. Kedua nilai Cp tersebut bernilai lebih dari 1 ($Cp > 1$) sehingga dapat disimpulkan bahwa kemampuan proses produksi pada kedua periode tersebut yaitu periode Januari-Desember 2017 dan periode Januari-Mei 2018 telah berjalan dengan sangat baik atau dengan kata lain karakteristik kualitas yang terkandung dalam air produksi PDAM Kabupaten Sleman memiliki variabilitas yang kecil.

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan batas spesifikasi atas (BKA) dan batas spesifikasi bawah (BKB) yang telah ditentukan oleh pemerintah mengenai persyaratan kualitas air minum, pada air produksi PDAM Kabupaten Sleman ada beberapa variabel kualitas yang berada di luar batas spesifikasi. Pada produksi air periode Januari-Desember 2017 terdapat 3 variabel kualitas yaitu TDS (Total zat padat terlarut), Besi, dan Mangan yang memiliki nilai pengamatan di luar batas spesifikasi, sedangkan pada produksi air periode Januari-Mei 2018 terdapat 1 variabel yaitu Besi yang memiliki nilai pengamatan di luar batas spesifikasi.
2. Peta kendali multivariat T^2 Hotelling dapat digunakan dalam proses pengendalian kualitas produksi air PDAM Kabupaten Sleman. Pada pembuatan peta kendali T^2 Hotelling fase I diperoleh peta yang berada dalam keadaan tidak terkendali secara statistik pada periode Januari-Desember 2017 yaitu pada subgrup 1, 3, 8, dan 11. Setelah dilakukan penghapusan subgrup data yang tidak terkendali, diperoleh vektor mean dan matrik varian kovarian yang digunakan dalam perhitungan peta kendali T^2 Hotelling pada fase II dan dihasilkan peta yang berada dalam keadaan terkendali secara statistik pada periode Januari-Mei 2018. Artinya nilai vektor mean dan matrik varian kovarian pada fase I yang terkendali secara statistik dapat digunakan dalam pengamatan periode-periode selanjutnya.
3. Analisis kemampuan proses pada pengendalian kualitas produksi air di PDAM kabupaten Sleman menghasilkan nilai Cp sebesar 2,6953 pada produksi air periode Januari-Desember 2017 dan nilai Cp sebesar 1,9401 pada produksi air periode Januari-Mei 2018. Berdasarkan nilai tersebut nilai Cp bernilai lebih dari 1 atau dapat dikatakan bahwa proses produksi air sudah berjalan dengan sangat baik dan memiliki variabilitas yang kecil.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. PDAM Sleman dalam menentukan kualitas standar air produksi perlu melakukan analisis kapabilitas dan pengujian pergeseran proses secara berkala supaya kualitas air produksi tetap terpantau.

2. Pembuatan peta kendali fase I pada periode Januari-Desember 2017 menghasilkan kualitas yang tidak terkendali secara statistik. Kualitas air yang tidak terkendali disebabkan oleh tingginya kadar Besi dan Mangan sehingga perlu dilakukan pembersihan pipa distribusi secara berkala agar permasalahan tersebut tidak terjadi lagi di masa mendatang.
3. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan mengubah jenis pengamatan data secara individual, sehingga nantinya bisa dibandingkan peta kendali T2 Hotelling dengan jenis pengamatan mana yang lebih sensitif terhadap pergeseran proses bila diterapkan dalam kasus produksi air.

Ucapan Terimakasih

Dalam penyusunan tulisan ini, banyak pihak yang telah memberikan dukungan kepada penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada seluruh dosen dan pimpinan Jurusan Statistika Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Dantika, A., A., 2015, Penerapan Diagram Kontrol *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA) Pada Pengendalian Karakteristik Kualitas Air, Skripsi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Gaspersz, V., 2003, Metode Analisis Untuk Peningkatan Kualitas, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Grant, E., L., dan Leavenworth, R., S., 1988, *Statistical Quality Control* (Pengendalian Mutu Statistik), Ed.6, diterjemahkan oleh Kandahjaya H., Erlangga, Jakarta.
- Jonhson, R. A and Winchern, D., W., 2007, *Applied Multivariate Statistic Analysis*, Ed.6, Prentice Hall, New Jersey.
- Kesumo, A., D., 2017, Analisis Kapabilitas Proses Produksi Air PDAM Surya Sembada Surabaya, Skripsi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Mizuno, S., 1994, *Company-Wide Total Quality Control* (Pengendalian Mutu Perusahaan secara Menyeluruh), diterjemahkan oleh Hermaya, T., Pustaka Binaman Pressindo, Jakarta.
- Montgomery, D., C., 1990, *Introduction to Statistical Quality Control* (Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik), diterjemahkan oleh Soejoeti, Z., Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Montgomery, D., C., 2001, *Introduction to Statistical Quality Control*, Ed.4, John Wiley & Sons Inc, New York.
- Santoso, S., 2003, Buku Latihan SPSS Statistik Multivariat, PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Susetyo, J., 2013, Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik, AKPRIND Press, Yogyakarta.