



Comparative Analysis of the Graduates Quality of the Mathematics Study Program at the University of Mataram Using the Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA) Control Chart with T^2 Hotelling

Vidya Atika Ramdani^a, Emmy Dyah Sulistyowati^b, Lisa Harsyiah^{c}*

^aProgram Studi Matematika, Universitas Mataram, Jl Majapahit No. 62, Mataram, Indonesia, 83125.
Email: vidyaatika31@gmail.com

^bProgram Studi Teknik Mesin, Universitas Mataram, Jl Majapahit No. 62, Mataram, Indonesia, 83125.
Email: e.dyah@unram.ac.id

^cProgram Studi Statistika, Universitas Mataram, Jl Majapahit No. 62, Mataram, Indonesia, 83125.
Email: lisa_harsyiah@unram.ac.id

ABSTRACT

Quality control of Mathematics graduates of FMIPA UNRAM in 2012-2018 with a control chart of the Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA), is carried out to determine the quality of graduates of the Mathematics Study Program FMIPA UNRAM and to compare the quality of Mathematics graduates FMIPA UNRAM in 2012-2018 using MEWMA and T^2 Hotelling control charts. In this test, control was carried out using three control variables, namely the Grade Point Average (X_1), length of study (X_2), and the number of Semester Credit Units (X_3). This study used the weighting value $\lambda = 0,1$ with the Upper Control Limit (UCL) of 10,685. The results obtained that the control chart formed to show that 42 data are outside the control limits (out of control), which causes the quality of graduates to be out of control. Using the EWMA univariate control chart, it is known that the length of study variable (X_2) causes the data to be out of control. Therefore, a revision was made to the MEWMA control chart so that the quality control process for Mathematics FMIPA Mataram University graduates was within the control limits after the second revision. This is indicated by the absence of observation points (M_i) outside the control limits so that the quality of mathematics graduates can be said to be good. Furthermore, a comparison of the results of observations with the quality of Mathematics graduates of Mataram University using the T^2 Hotelling control chart in the previous study was carried out with the results that there was one data subgroup that was outside the control limit with $= 14.5249$ which led to the need for one revision of the T^2 Hotelling control chart to obtain statistically controlled diagram. Thus, it can be said that the MEWMA control chart is more sensitive than the Hotelling T^2 control chart.

Keywords: Graduate Quality, MEWMA, Multivariate Control Chart, T^2 Hotelling

* Corresponding author.

Alamat e-mail: lisa_harsyiah@unram.ac.id

A B S T R A K

Pengendalian kualitas lulusan Matematika FMIPA UNRAM tahun 2012-2018 dengan diagram kontrol *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA) dilakukan untuk mengetahui kualitas lulusan program studi Matematika FMIPA UNRAM dan mengetahui perbandingan kualitas lulusan Matematika FMIPA UNRAM tahun 2012-2018 menggunakan diagram kontrol MEWMA dan T^2 Hotelling. Dalam uji ini, dilakukan pengontrolan dengan menggunakan tiga variabel kontrol yaitu Indeks Prestasi Kumulatif (X_1), lama studi (X_2), dan jumlah Satuan Kredit Semester (X_3). Pada penelitian ini digunakan nilai pembobot $\lambda = 0,1$ dengan Batas Kontrol Atas (BKA) senilai 10,685. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa diagram kontrol yang terbentuk menunjukkan terdapat 42 data yang berada diluar batas kontrol (*out of control*), hal ini menyebabkan kualitas lulusan menjadi tidak terkontrol. Dengan menggunakan diagram kontrol univariat EWMA, diketahui bahwa variabel lama studi (X_2) menjadi penyebab data *out of control*. Oleh karena itu, dilakukan revisi pada diagram kontrol MEWMA sehingga proses pengendalian kualitas lulusan Matematika FMIPA Universitas Mataram berada dalam batas kontrol setelah revisi kedua. Hal tersebut ditunjukkan dengan tidak adanya titik pengamatan (M_i) yang berada di luar batas kontrol sehingga kualitas lulusan matematika dapat dikatakan baik. Selanjutnya, dilakukan perbandingan hasil pengamatan dengan kualitas lulusan Matematika Universitas Mataram menggunakan diagram kontrol T^2 Hotelling pada penelitian sebelumnya dengan hasil terdapat satu subgrup data yang keluar batas kontrol dengan $BKA = 14,5249$ yang menyebabkan perlunya revisi diagram kontrol T^2 Hotelling sebanyak satu kali revisi sehingga mendapatkan diagram yang terkontrol secara statistik. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa diagram kontrol MEWMA lebih sensitif dibandingkan dengan diagram kontrol T^2 Hotelling.

Kata Kunci: Diagram Kontrol Multivariat, Kualitas Lulusan, MEWMA, T^2 Hotelling

Diserahkan: 13-10-2022; Diterima: 26-06-2023;

Doi: <https://doi.org/10.29303/emj.v6i1.148>

1. Pendahuluan

Universitas merupakan salah satu bentuk perguruan tinggi selain Akademi, Institut, Politeknik, dan Sekolah Tinggi. Menurut Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi (2019), jumlah Perguruan Tinggi Negeri (PTN) di Indonesia sejumlah 385 dengan jumlah Universitas sebanyak 82 Universitas, salah satunya adalah Universitas Mataram (UNRAM). UNRAM merupakan perguruan tinggi yang diselenggarakan di bawah Kementerian Pendidikan Nasional, berkedudukan di Kota Mataram, Provinsi Nusa Tenggara Barat yang didirikan pada 1 Oktober 1962. Pada tahun 2019, diketahui bahwa UNRAM telah memiliki 10 Fakultas, salah satunya yaitu Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) yang didirikan pada tahun 2007. FMIPA terdiri dari empat Program Studi (PS) yaitu Biologi, Fisika, Kimia dan Matematika. Akreditasi PS Matematika FMIPA UNRAM menurut Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi (BAN-PT) tahun 2019 yaitu terakreditasi B. Menurut Peraturan BAN-PT Nomor 4 (2017), salah satu poin penilaian akreditasi pada program studi yaitu kualitas lulusan perguruan tinggi. Kualitas lulusan perguruan tinggi ditentukan berdasarkan Indeks Prestasi Kumulatif

(IPK), lama studi, dan jumlah Satuan Kredit Semester (SKS) yang dicapai.

Untuk menentukan kualitas lulusan perguruan tinggi, salah satu cara adalah dengan melakukan evaluasi terhadap mahasiswa yang lulus setiap tahunnya. Salah satu upaya evaluasi tersebut yaitu monitoring secara statistik dengan menggunakan *Statistical Process Control* (SPC). Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah diagram kontrol. Berdasarkan karakteristik, diagram kontrol dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu diagram kontrol univariat dan diagram kontrol multivariat. Pada diagram kontrol multivariat, ada beberapa alat yang dapat digunakan untuk menganalisis penggunaan diagram kontrol multivariat, yaitu diagram kontrol T^2 Hotelling, diagram kontrol multivariat CUSUM, diagram kontrol *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA), diagram kontrol MNP dan diagram kontrol dari *Chi-Square*, dan lain-lain (Montgomery, 2009). Pada penelitian ini digunakan data variabel bukan data atribut, sehingga diagram kontrol MNP dan diagram kontrol dari *Chi-Square*, yang penggunaannya menggunakan data atribut tidak dapat digunakan.

Montgomery (2009) menyatakan bahwa diagram kontrol multivariat T^2 Hotelling merupakan prosedur

yang paling umum dan familiar untuk data variabel yang berguna untuk memonitoring rata-rata proses dimana data pengamatan bersifat multivariat. Diagram kontrol MEWMA merupakan pengembangan data multivariat dari proses untuk data univariat pada diagram kontrol *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA). Diagram kontrol MEWMA dan T^2 Hotelling merupakan diagram kontrol multivariat yang sama-sama digunakan untuk mendeteksi terjadinya perubahan rata-rata proses. Penelitian sebelumnya oleh Arifa (2019) dengan perbandingan diagram kontrol MEWMA dan diagram kontrol T^2 Hotelling untuk pengendalian kualitas produk Kain Polyester memberikan hasil penerapan bahwa diagram kontrol MEWMA menunjukkan rata-rata proses terkendali secara statistik. Penerapan untuk diagram kontrol T^2 Hotelling menunjukkan proses juga terkendali secara statistik dengan 4 kali revisi dan dengan pengurangan data yang menghasilkan nilai BKA sebesar 10,10928. Nilai kapabilitas proses multivariat yang diperoleh yaitu $MC_{pm} = 0,9672105$ dan kurang dari 1, sehingga menunjukkan bahwa proses multivariat tidak kapabel. Kemudian, dalam perbandingannya diagram kontrol MEWMA lebih sensitif dalam mendeteksi pergeseran rata-rata proses daripada diagram kontrol T^2 Hotelling.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kualitas lulusan dan perbandingannya menggunakan diagram kontrol MEWMA dan T^2 Hotelling. Pada penelitian ini digunakan diagram kontrol MEWMA, karena terdapat tiga buah variabel yang dimonitor rata-ratanya secara bersamaan, yaitu IPK (X_1), lama studi (X_2), dan jumlah SKS yang dicapai (X_3), dengan objek penelitian adalah seluruh lulusan PS Matematika FMIPA UNRAM tahun 2012 – 2018. Sementara itu, untuk hasil pengendalian kualitas lulusan yang sama dengan menggunakan diagram kontrol T^2 Hotelling diambil dari penelitian sebelumnya oleh Aida (2019) dengan tujuan untuk menentukan pengontrolan kualitas lulusan Program Studi Matematika FMIPA UNRAM tahun 2012-2018. Pada penelitian ini diperoleh bahwa pengendalian proses lulusan mahasiswa Matematika dikatakan sudah terkontrol dengan revisi pengontrolan data sebanyak satu kali menggunakan diagram kontrol T^2 Hotelling. Perbaikan atau revisi data dilakukan menggunakan metode dekomposisi nilai T^2 sehingga diketahui penyebab subgroup keluar dari batas kontrol

adalah variabel lama studi. Pada penelitian ini data yang digunakan dalam proses T^2 Hotelling merupakan data subgroup, hal ini menyebabkan terdapat kemungkinan bahwa ada data yang sebenarnya berada di dalam batas kontrol ikut dihilangkan pada saat proses revisi diagram kontrol T^2 Hotelling.

2. Tinjauan Pustaka

Berbagai penelitian telah dilakukan sebelumnya terkait tentang pengendalian kualitas, terutama penelitian yang berkaitan dengan metode MEWMA dan T^2 Hotelling. Penelitian terdahulu yang digunakan sebagai bahan acuan pada penelitian ini antara lain diambil dari penelitian yang dilakukan oleh Aida (2019) dengan tujuan untuk menentukan pengontrolan kualitas lulusan Program Studi Matematika FMIPA UNRAM tahun 2012-2018. Penelitian selanjutnya yaitu oleh Wahyuni (2019) dengan judul penelitian “Penerapan Diagram Kontrol MEWMA pada Pengendalian Karakteristik Kualitas Pengolahan Air PDAM Tirta Khatulistiwa”. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan diagram kontrol MEWMA dalam mengendalikan karakteristik kualitas air pada Instansi Pengolahan Air PDAM Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak. Penelitian sebelumnya oleh Arifa (2019) yang berjudul “Perbandingan Diagram Kontrol MEWMA dan Diagram Kontrol T^2 Hotelling Untuk Pengendalian Kualitas Produk Kain Polyester (Studi Kasus : PT Daya Manunggal Kota Salatiga)” juga dijadikan acuan dalam melakukan penelitian ini.

Berdasarkan penjabaran penelitian sebelumnya di atas, penelitian ini dilakukan pada lulusan mahasiswa Matematika FMIPA Universitas Mataram tahun 2012-2018 dengan menggunakan diagram kontrol MEWMA untuk mengetahui bagaimana kualitas lulusan mahasiswa Matematika FMIPA UNRAM selama tahun 2012-2018 dan perbandingannya menggunakan diagram kontrol MEWMA dan T^2 Hotelling. Hasil perbandingan dari diagram kontrol T^2 Hotelling diambil dari penelitian sebelumnya oleh Aida (2019).

3. Landasan Teori

3.1. Korelasi Pearson

Uji korelasi Pearson adalah uji statistik yang ditujukan untuk mengetahui hubungan antara dua atau lebih variabel yang dirumuskan dengan:

$$r_{xy} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{(n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2)(n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2)}, i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

dimana,

r_{xy} = koefisien korelasi x dan y

$\sum x_i y_i$ = jumlah perkalian variabel x dan y

$\sum x_i$ = jumlah nilai variabel x

$\sum y_i$ = jumlah nilai variabel y

$\sum x_i^2$ = jumlah kuadrat variabel x

$\sum y_i^2$ = jumlah kuadrat variabel y

n = jumlah data

dengan ketentuan jika $r_{xy \text{ hitung}} > r_{xy \text{ tabel}}$, H_0 ditolak dan H_1 diterima. Jika $r_{xy \text{ hitung}} \leq r_{xy \text{ tabel}}$, H_0 diterima, H_1 ditolak. Nilai $r_{xy \text{ tabel}}$ yang digunakan dalam uji ini dapat dilihat pada tabel r yang ada atau dengan bantuan rumus pada *Microsoft Excel*. Hipotesis yang digunakan untuk mengetahui adanya korelasi antar dua variabel adalah sebagai berikut:

$H_0: \rho = 0$ (Tidak terdapat korelasi antar dua variabel)

$H_1: \rho \neq 0$ (Ada korelasi antar dua variabel)

Statistik uji yang digunakan adalah jika $r_{xy \text{ hitung}} > r_{xy \text{ tabel}}$, H_0 ditolak dan H_1 diterima. Jika $r_{xy \text{ hitung}} \leq r_{xy \text{ tabel}}$, H_0 diterima, H_1 ditolak (Anggoro, 2016).

3.2. Distribusi Normal Multivariat

Johnson dan Wichern (2007) mengatakan bahwa distribusi normal multivariat adalah bentuk perluasan dari distribusi normal univariat untuk dimensi $m \geq 2$ sebagai aplikasi pada variabel-variabel yang memiliki hubungan. Variabel X_1, X_2, \dots, X_m dikatakan berdistribusi normal multivariat dengan parameter μ dan Σ serta fungsi densitas peluang sebagai berikut :

$$f(X) = f(X_1, X_2, \dots, X_m) = \frac{1}{(2\pi)^{m/2} |\Sigma|^{1/2}} e^{-1/2(x-\mu)'\Sigma^{-1}(x-\mu)} \quad (3)$$

Pemeriksaan distribusi normal multivariat untuk $m \geq 2$ dapat dilakukan dengan cara membuat Q-Q plot dari nilai berikut:

$$d_i^2 = (X_i - \bar{X}_i)' S^{-1} (X_i - \bar{X}_i) \quad (4)$$

dengan,

d_i^2 = nilai jarak mahalobis pada data pengamatan ke- i

S^{-1} = invers dari matriks varians-kovarians

dan $q_i = \chi^2_{\left[\left(\frac{n-i+0,5}{n}\right), m\right]}$ (5)

q_i = nilai *chi-square* (χ^2) pada pengamatan ke- i yang didapatkan dari tabel *chi-square* atau menggunakan rumus *chi-square* pada *Microsoft Excel*

data berdistribusi normal multivariat jika pada $Q - Q$ plot menunjukkan pola cenderung mengikuti garis lurus.

Pada data multivariat, terdapat matriks varians-kovarians, matriks varians-kovarians disimbolkan dengan S . Adapun bentuk matriks varians-kovarians adalah sebagai berikut :

$$S = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1j} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{j1} & S_{j2} & \dots & S_{jj} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Terdapat beberapa pendekatan untuk memperoleh S , yaitu menghitung varians sampel s_{jj} dari variabel ke- j untuk $s_{jj} = s_j^2$ dan kovarians sampel s_{jk} dari variabel ke- j dan variabel ke- k dengan menggunakan rumus seperti dibawah ini :

$$s_{jj} = s_j^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_j)^2 \quad (7)$$

$$s_{jk} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_j)(y_{ik} - \bar{y}_k) \text{ untuk } k \neq j \quad (8)$$

Adapun untuk menghitung invers matriks varians-kovarians (S^{-1}) seluruh data pengamatan berdimensi $j \times j$, digunakan perhitungan menggunakan eliminasi *Gauss Jordan* dengan menyandingkan matriks S dengan matriks identitas yang dapat ditulis sebagai matriks yang diperbesar $[S|I]$ dimana ukuran matriks identitas sama dengan ukuran matriks S . Matriks yang diperbesar $[S|I]$ dikenakan operasi baris dasar sehingga membentuk matriks yang diperbesar $[I|S^{-1}]$. Perhitungan seperti ini didasarkan dari sifat $SS^{-1} = I$. Adapun penyusunan matriks pada eliminasi *Gauss Jordan* adalah sebagai berikut :

$$[S|I] = \left[\begin{array}{cccc|cccc} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1j} & 1 & 0 & \dots & 0 \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2j} & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{j1} & S_{j2} & \dots & S_{jj} & 0 & 0 & \dots & 1 \end{array} \right] \quad (9)$$

dilakukan operasi baris dasar sedemikian hingga membentuk matriks yaitu :

$$[I|S^{-1}] = \left[\begin{array}{cccc|cccc} 1 & 0 & \dots & 0 & c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1j} \\ 0 & 1 & \dots & 0 & c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 & c_{j1} & c_{j2} & \dots & c_{jj} \end{array} \right] \quad (10)$$

dimana

$$S^{-1} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1j} \\ c_{21} & c_{22} & \cdots & c_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{j1} & c_{j2} & \cdots & c_{jj} \end{bmatrix} \quad (11)$$

(Montgomery, 2009)

Adapun prosedur dalam pengujian distribusi normal multivariat yang akan dilakukan, yaitu dengan membuat $Q - Q$ plot tersebut adalah sebagai berikut (Widyawati, 2014):

1. Menghitung jarak Mahalanobis atau d_i^2 sesuai persamaan (4)
2. Mengurutkan d_i^2 dari d_i^2 yang terkecil sampai d_i^2 yang terbesar
3. Menentukan nilai q_i sesuai persamaan (5)
4. Membuat *scatter plot* dari semua nilai d_i^2 dan q_i dengan titik koordinat $(d_i^2; q_i)$.

3.3. Statistical Process Control (SPC)

Pengendalian kualitas statistik merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan untuk memonitor, mengendalikan, menganalisis, mengelola dan memperbaiki produk dan proses menggunakan metode statistik (Devani, 2016). Pengendalian kualitas secara statistik dengan menggunakan SPC mempunyai tujuh alat statistik utama yang dapat digunakan sebagai alat bantu untuk mengendalikan kualitas, yaitu *check sheet*, histogram, *control chart*, diagram Pareto, diagram sebab akibat, *Scatter* diagram, dan diagram proses (Heizer, 2005).

3.4. Diagram Kontrol T^2 Hotelling

Salah satu pendekatan dalam mengontrol dan memonitor rata-rata proses pada kasus multivariat yaitu dengan menggunakan diagram kontrol T^2 Hotelling. Diagram kontrol T^2 Hotelling merupakan generalisasi dari distribusi-t. Djauhari (2005) mengatakan bahwa proses statistik T^2 Hotelling merupakan alat yang efektif dan berguna dalam mendeteksi perubahan proses yang sangat kecil. Nilai statistik pada diagram kontrol T^2 Hotelling untuk masing-masing sampel adalah

$$T_i^2 = n_i(\bar{X}_i - \bar{X})^t S^{-1}(\bar{X}_i - \bar{X}) \quad (12)$$

dengan,

- T_i^2 = nilai statistik T^2 Hotelling pada data ke- i
- n_i = banyak data pengamatan pada subgrup ke- i
- \bar{X}_i = vektor rata-rata subgrup ke- i (dinyatakan dalam matriks $n \times 1$)

\bar{X} = vektor rata-rata seluruh data pengamatan (dinyatakan dalam matriks $n \times 1$)

S^{-1} = invers dari matriks varians-kovarians

Diagram kontrol T^2 Hotelling memiliki dua batas kontrol yaitu Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB). Proses dikatakan tidak terkendali jika terdapat pengamatan yang keluar dari batas kontrol (Montgomery, 1990). Batas kontrol pada diagram kontrol T^2 Hotelling yaitu :

$$BKA = \frac{m(n-1)(p-1)}{np-n-m+1} F_{1-\alpha; m; np-n-m+1} \quad (13)$$

$$BKB = 0$$

Nilai BKB= 0 karena nilai T_i^2 yang selalu positif, sehingga nilai BKB yang paling minimum dari suatu nilai yang positif adalah 0 (Abdullah, 2015).

3.5. Diagram Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA)

Diagram kontrol MEWMA merupakan generalisasi dari proses untuk data univariat EWMA. Diagram kendali MEWMA digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan mean proses. Kelebihannya adalah *robust* terhadap asumsi distribusi normal.

Adapun persamaan untuk diagram kontrol *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA)*, dapat dilihat dari persamaan berikut :

$$Z_{ij} = \lambda W_{ij} + (1 - \lambda)Z_{ij-1} \quad (14)$$

dengan,

$$z_0 = 0$$

$$Z_{ij} = \text{rata-rata berbobot dari semua rataan sampel sebelumnya}$$

$$\lambda = \text{besarnya pembobot, dimana } 0 < \lambda < 1,$$

$$W_{ij} = \text{vektor karakteristik mutu yang diamati pada sampel ke-}i \text{ variabel ke-}j \text{ yang telah distandarisasi}$$

Apabila tidak ada pemilihan pembobot yang berbeda untuk masing-masing karakteristik kualitas maka pembobot λ bernilai sama. Untuk menentukan nilai lamda (λ) digunakan *trial and error* sehingga grafik dalam keadaan terkendali (Utami dkk, 2020)

Sebelum menghitung nilai Z_{ij} terlebih dahulu dilakukan proses standarisasi data x_{ij} dengan persamaan berikut :

$$W_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_{.j}}{s_{.j}} \quad (15)$$

Selanjutnya untuk perhitungan titik pengamatan pada diagram kontrol MEWMA, digunakan persamaan berikut :

$$M_i = Z_{ij}^T S_{zij}^{-1} Z_{ij} \quad (16)$$

dimana,

$$S_{Z_{ij}} = \frac{\lambda}{2-\lambda} [1 - (1-\lambda)^{2i}] S \quad (17)$$

dengan S merupakan matriks varians-kovarians dari data.

Plot dari diagram kontrol M_i merupakan diagram kontrol yang memiliki Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB). BKB untuk diagram kontrol MEWMA sama dengan 0, sedangkan untuk BKA diperoleh berdasarkan tabel MEWMA sesuai dengan nilai λ yang ditentukan. Proses dikatakan tidak terkendali apabila terdapat nilai $M_i > BKA$ (Montgomery, 2009). Untuk mengetahui penyebab data *out of control* pada diagram kontrol MEWMA dilakukan monitoring data dengan menggunakan diagram kontrol univariat EWMA untuk masing-masing variabel pengamatan

4. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan diagram kontrol MEWMA. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 245 data yang merupakan data sekunder yang diambil dari skripsi Aida (2019). Terdapat tiga variabel yang digunakan, yaitu:

- X_1 = nilai IPK
- X_2 = lama studi (semester)
- X_3 = jumlah SKS yang dicapai (buah)

Berikut merupakan langkah-langkah dalam penelitian ini yaitu :

- a. Uji Korelasi Pearson
- b. Uji Distribusi Normal Multivariat
- c. Analisis *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA)* dengan tahapan berikut :
 - Menentukan besar pembobot (λ)
 - Menstandarisasi seluruh data
 - Menghitung nilai Z_{ij}
 - Menghitung matriks varians-kovarians dari data
 - Menghitung matriks varians-kovarians dari Z_{ij}
 - Menghitung nilai statistik M_i
 - Menentukan BKA pada diagram MEWMA
 - Membuat diagram kendali MEWMA dengan beberapa pembobot
 - Melakukan monitoring penyebab data *out of control* dengan menggunakan diagram kontrol univariat EWMA pada masing-masing variabel.
 - Melakukan revisi data pengamatan
 - Membuat kesimpulan

5. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, digunakan diagram kontrol MEWMA untuk memonitor rata-rata variabel data lulusan PS Matematika Universitas Mataram secara

bersamaan dengan variabel yang dianalisis adalah IPK (X_1), lama studi (X_2), dan jumlah SKS (X_3). Untuk memulai pembuatan diagram kontrol MEWMA, langkah awal yang harus dilakukan adalah menguji korelasi antar variabel.

5.1. Uji Korelasi Pearson

Uji korelasi pearson berguna untuk mengetahui apakah terdapat korelasi antara variabel yang satu dengan variabel lainnya. Dalam tahap ini dapat dilihat berdasarkan pada nilai koefisien korelasi antar variabel. Apabila $r_{hitung} > r_{tabel}$, maka dikatakan terdapat korelasi antar variabel tersebut.

Berikut langkah-langkah penyelesaian uji korelasi pearson

- a. Hipotesis
 - $H_0 : \rho = 0$ (Tidak terdapat korelasi antar variabel)
 - $H_1 : \rho \neq 0$ (Terdapat korelasi antar variabel)
- b. Taraf signifikansi
 - $\alpha = 0,05$
- c. Statistik uji

Tabel 1 – Korelasi Pearson Antar Variabel

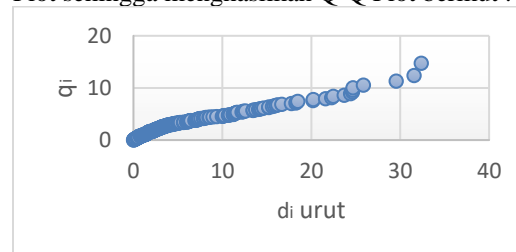
Pasangan Variabel	r_{hitung}	r_{tabel}	Keputusan
X_1 dengan X_2	0,249	0,125359	Berkorelasi
X_1 dengan X_3	0,242	0,125359	Berkorelasi
X_2 dengan X_3	0,152	0,125359	Berkorelasi

d. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari korelasi *Pearson* ini adalah tolak H_0 karena $r_{hitung} > r_{tabel}$. Artinya, terdapat korelasi atau hubungan yang signifikan antar masing-masing variabel yang diuji.

5.2. Uji Distribusi Normal Multivariat

Salah satu asumsi yang harus dipenuhi untuk melakukan uji MEWMA adalah data berdistribusi normal multivariat. Dengan menghitung nilai $d_i^2 (X_{1\cdot} - \bar{X}_{1\cdot})^t S^{-1} (X_{1\cdot} - \bar{X}_{1\cdot})$ dan nilai q_i dari tabel *Chi-Square* yang kemudian dimasukkan dalam Q-Q Plot sehingga menghasilkan Q-Q Plot berikut :



Gambar 1 - Plot Nilai (d_i^2 urut ; q_i) Seluruh Data

Berdasarkan pada perhitungan uji distribusi normal multivariat yang telah dilakukan, dilihat dari hasil plot nilai (d_i^2 urut ; q_i) keseluruhan data, plot menunjukkan garis yang relatif lurus yang berarti hal tersebut semakin memperkuat bahwa data yang diuji berdistribusi normal multivariat. Maka, dapat disimpulkan bahwa data lulusan program studi Matematika FMIPA Universitas Mataram tahun 2012-2018 berdistribusi normal multivariat. Dengan demikian, proses dapat dilanjutkan ke tahap uji MEWMA

5.3. Analisis Diagram Kontrol MEWMA

Analisis MEWMA ini dilakukan untuk mengetahui kualitas lulusan Program Studi Matematika Universitas Mataram. Berikut merupakan langkah-langkah pengerjaannya :

a. Menentukan nilai Z_{ij}

Sebelum menghitung nilai Z_{ij} , dilakukan standarisasi data dengan menggunakan Persamaan (15). Selanjutnya dihitung nilai Z_{ij} berdasarkan Persamaan (14):

$Z_{ij} = \lambda W_{ij} + (1 - \lambda)Z_{ij-1}$ dengan Z_{ij} merupakan vektor MEWMA ke- i pada variabel ke- j , $Z_{ij} =$

$$\begin{bmatrix} Z_{i1} \\ Z_{i2} \\ Z_{i3} \end{bmatrix}, i = 1,2,3, \dots, 245, \text{ dan } \lambda \text{ merupakan nilai}$$

pembobot, dimana menurut Montgomery (2009) menyatakan bahwa dalam praktiknya nilai $\lambda = 0,05$; $\lambda = 0,1$; dan $\lambda = 0,2$ adalah pilihan yang populer dalam mendeteksi pergeseran proses yang kecil. Oleh karenanya, dalam penelitian ini digunakan λ dengan nilai $\lambda = 0,05$; $\lambda = 0,1$; dan $\lambda = 0,2$ maka saat $\lambda = 0,05$ nilai Z_{ij} untuk $\lambda = 0,05$ adalah sebagai berikut:

$$Z_0 = 0$$

$$Z_{i.} = \lambda W_{i.} + (1 - \lambda)Z_0$$

$$Z_{1.} = \lambda W_{1.} + (1 - \lambda)Z_0$$

$$= 0,05 \begin{bmatrix} 1,9036 \\ -1,0020 \\ 0,5594 \end{bmatrix} + 0,95 \times (0)$$

$$= \begin{bmatrix} 0,0951 \\ -0,0501 \\ 0,0279 \end{bmatrix}$$

Perhitungan nilai Z_{ij} di atas dilanjutkan dengan menggunakan nilai $\lambda = 0,1$ dan $\lambda = 0,2$ hingga data ke-245. Kemudian, dicari nilai matriks varians kovarians dari Z_{ij} dengan menggunakan Persamaan (17) didapatkan hasil berikut:

$$S_{z_i.} = \frac{\lambda}{2-\lambda} [1 - (1 - \lambda)^{2i}] S$$

$$S_{z_{1.}} = \frac{\lambda}{2-\lambda} [1 - (1 - \lambda)^{2 \cdot 1}] S$$

$$S_{z_{1.}} = \begin{bmatrix} 0,0025 & -0,0015 & 0,0005 \\ -0,0015 & 0,0025 & -0,0003 \\ 0,0005 & -0,0003 & 0,0025 \end{bmatrix}$$

Dilanjutkan hingga data terstandarisasi yang ke-245 dan saat $\lambda = 0,1$; juga $\lambda = 0,2$.

b. Menghitung Nilai M_i

Oleh karena matriks varians kovarians dari $Z_{i.}(S_{z_j})$ telah diperoleh, dengan memperhatikan Persamaan (3.23) sebelumnya maka untuk titik pengamatan dari M_i dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.22) dengan hasil pada titik pengamatan pertama yang diperoleh adalah :

$$M_1 = Z_{1.}^T S_{z_{1.}}^{-1} Z_{1.}$$

$$M_1 = [0,0951 \quad -0,0501 \quad 0,0279]$$

$$\begin{bmatrix} 0,0025 & -0,0015 & 0,0005 \\ -0,0015 & 0,0025 & -0,0003 \\ 0,0005 & -0,0003 & 0,0025 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 0,0951 \\ -0,0501 \\ 0,0279 \end{bmatrix}$$

$$M_1 = [0,0951 \quad -0,0501 \quad 0,0279]$$

$$\begin{bmatrix} 671,6156 & 402,1518 & -94,3313 \\ 402,1518 & 650,7114 & 7,2509 \\ -94,3313 & 7,2509 & 423,159 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,0951 \\ -0,0501 \\ 0,0279 \end{bmatrix}$$

$$M_1 = 3,6911$$

Kemudian, dilakukan hal yang sama dengan M_1 hingga titik pengamatan ke-245.

c. Hasil Diagram Kontrol MEWMA

Berikut merupakan hasil analisis diagram kontrol MEWMA yang telah dilakukan disajikan dalam tabel berikut :

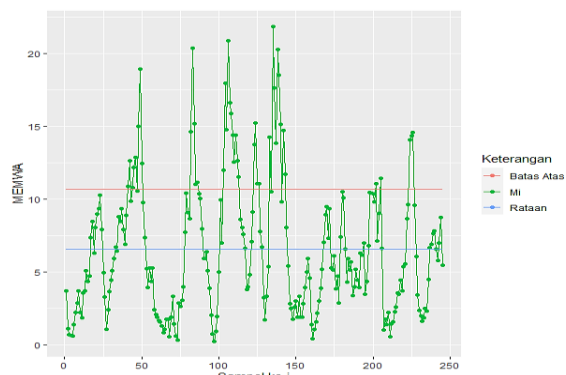
Tabel 2 – Hasil Diagram Kontrol MEWMA

λ	BKA	Jumlah di Luar BKA	Titik Maks	Selisih
0,05	9,285	85	24,7449	12,9849
0,1	10,685	42	21,85844	11,17344
0,2	11,76	23	22,32497	13,03997

Dari Tabel 2 di atas, terlihat bahwa semakin tinggi nilai pembobot yang digunakan maka batas kontrolnya semakin tinggi pula. Dengan melebarnya batas kontrol yang dihasilkan, menyebabkan jumlah data yang keluar atau melebihi batas kontrol semakin kecil. Namun, nilai maksimum yang dihasilkan semakin meningkat.

Berdasarkan Tabel 2 di atas dapat dilihat bahwa pemilihan nilai pembobot yang optimal atau lebih sensitif dalam mendeteksi pergeseran rata-rata yang digunakan untuk diagram kontrol MEWMA yaitu dipilih pembobot dengan nilai $\lambda = 0,1$. Hal ini dikarenakan saat pembobot tersebut digunakan, jumlah titik yang berada diluar BKA lebih sedikit dibandingkan dengan penggunaan pembobot $\lambda = 0,05$ dan selisih titik pengamatan tertinggi dengan batas kontrol atas sebesar 11,17344 juga dikatakan paling rendah dibanding dengan pembobot lainnya.

Dengan menggunakan pembobot $\lambda = 0,1$ pada percobaan ini, data yang *out of control* dapat dideteksi sebanyak 42 data seperti terlihat pada **Gambar 2** berikut:

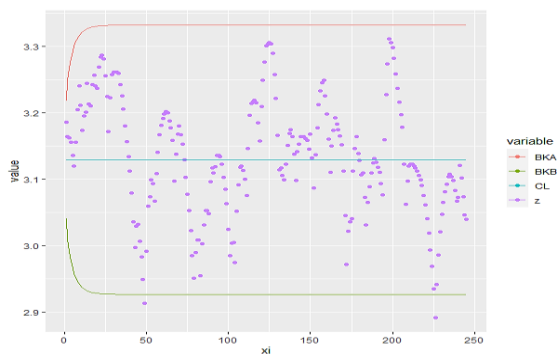


Gambar 2 - Diagram Kontrol MEWMA Kualitas Lulusan Matematika MIPA UNRAM Tahun 2012-2018 untuk $\lambda = 0,1$

Dari Gambar 2 dengan menggunakan $\lambda = 0,1$ pada diagram kontrol MEWMA tersebut diperoleh batas kontrol atas sebesar 10,685 dan terdapat 42 titik data yang berada diluar batas kendali, yakni data ke 41, 42, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 82, 83, 84, 85, 86, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 123, 124, 125, 126, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 142, 143, 202, 205, 224, 225, dan data ke 226.

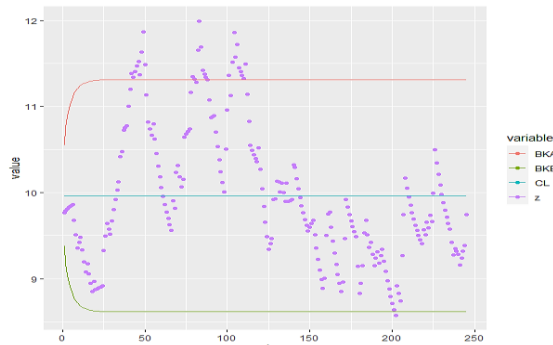
d. Monitoring Penyebab Data *Out Of Control*

Untuk mengetahui penyebab data *out of control* pada diagram kontrol MEWMA dilakukan monitoring data dengan menggunakan diagram kontrol univariat EWMA untuk masing-masing variabel pengamatan dengan basil berikut :



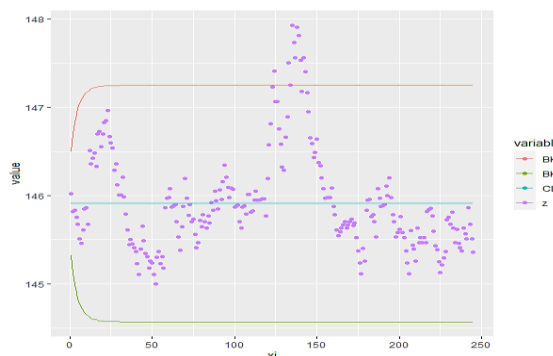
Gambar 3 - Diagram Kontrol Univariat EWMA Kualitas Lulusan Berdasarkan IPK Mahasiswa Matematika MIPA UNRAM Tahun 2012-2018

Berdasarkan diagram kontrol di atas, terdapat 2 data IPK Mahasiswa Matematika MIPA UNRAM tahun 2012-2018 yang berada di luar batas kontrol.



Gambar 4 - Diagram Kontrol Univariat EWMA Kualitas Lulusan Berdasarkan Lama Studi Mahasiswa Matematika MIPA UNRAM Tahun 2012-2018

Berdasarkan diagram kontrol di atas, terdapat 28 data Lama Studi yang ditempuh Mahasiswa Matematika MIPA UNRAM tahun 2012-2018 yang berada di luar batas kontrol. Rata-rata lama studi Mahasiswa Matematika Unram yang berada di luar batas kontrol tersebut adalah selama 11 semester.



Gambar 5 - Diagram Kontrol Univariat EWMA Kualitas Lulusan Berdasarkan Jumlah SKS yang Ditempuh Mahasiswa Matematika MIPA UNRAM Tahun 2012-2018

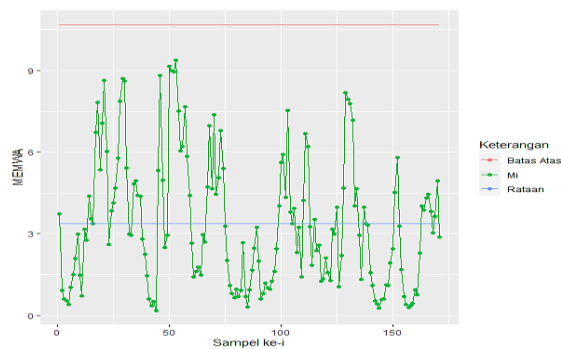
Dari diagram kontrol di atas, terdapat 11 data jumlah SKS yang ditempuh Mahasiswa Matematika MIPA UNRAM tahun 2012-2018 yang berada di luar batas kontrol. Hal ini karena nilai EWMA pada 11 data tersebut lebih besar dari nilai Batas Kontrol Atas (BKA).

Dilihat dari hasil monitoring data menggunakan diagram kontrol univariat EWMA untuk masing-masing variabel yang digunakan, dapat disimpulkan bahwa pada variabel lama studi memiliki pengaruh yang lebih dominan pada data *out of control* ketika dilakukan uji MEWMA sebelumnya. Hal ini disebabkan karena pada uji univariat EWMA, variabel lama studi memiliki data *out of control* terbanyak dibandingkan dengan monitoring pada variabel IPK dan variabel jumlah SKS yang ditempuh, yaitu sebanyak 28 data *out of control*. Rata-rata lama studi mahasiswa yang berada di luar batas kontrol adalah 11

semester, artinya faktor lama studi harus menjadi perhatian pihak fakultas sebagai upaya meningkatkan kualitas lulusan.

e. Revisi Diagram Kontrol MEWMA

Setelah diketahui faktor penyebab tidak terkontrolnya data, maka data yang berada di luar batas kontrol tidak diikutsertakan pada analisis selanjutnya. Oleh karena itu, dilakukan pengontrolan kembali menggunakan data yang berada dalam kontrol pada pengontrolan pertama dengan asumsi kualitas lulusan baik. Revisi data dilakukan sebanyak dua kali, pada revisi yang kedua adalah proses yang telah terkontrol karena nilai M_j yang diperoleh tidak ada yang keluar dari batas kontrol. Diagram kontrol lulusan mahasiswa Matematika FMIPA UNRAM tahun 2012-2018 pada revisi kedua sudah terkontrol, dimana disajikan pada Gambar 6 berikut:



Gambar 6 - Diagram Kontrol MEWMA Lulusan Mahasiswa Matematika MIPA UNRAM Tahun 2012-2018 Revisi Kedua

Data yang tidak terkontrol (*out of control*) pada pengamatan pertama hingga revisi kedua tidak diikutsertakan dalam proses pengamatan selanjutnya. Berikut merupakan hasil pengamatan pada diagram control yang telah dibuat disajikan pada Tabel 3 berikut:

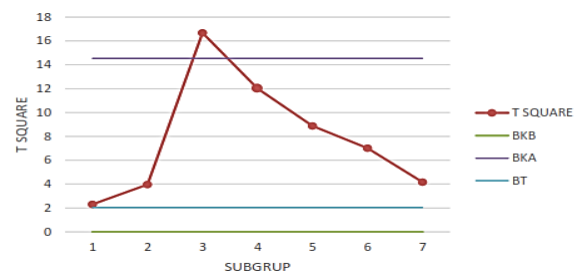
Tabel 3 – Titik Pengamatan M_j Tidak Terkontrol

Pengontrolan ke-	Jumlah Data Tidak Terkontrol	Data yang Tidak Terkontrol
1	42	41, 42, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 82, 83, 84, 85, 86, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 123, 124, 125, 126, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 142, 143, 202, 205, 224, 225, 226
2	16	22, 23, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 88, 89
3	0	-

Berdasarkan Gambar 6 dan Tabel 3 dapat diketahui bahwa proses pengamatan sudah terkontrol pada revisi kedua. Hal ini dilihat dari tidak adanya data yang keluar dari BKA dan BKB yang bernilai nol. Sehingga, dapat dikatakan bahwa lulusan Matematika MIPA UNRAM Tahun 2012-2018 terkontrol pada revisi kedua.

5.4. Hasil Uji T^2 Hotelling Kualitas Lulusan Mahasiswa Matematika FMIPA UNRAM Tahun 2012-2018

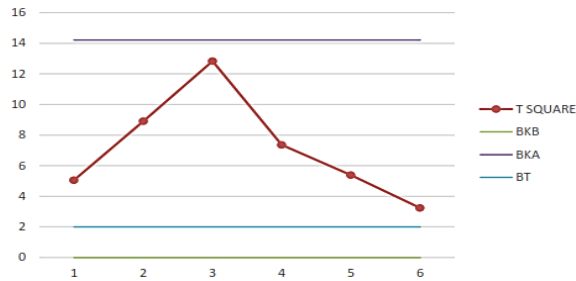
Hasil uji dari T^2 Hotelling pada lulusan mahasiswa Matematika FMIPA UNRAM tahun 2012-2018 terdapat dalam penelitian sebelumnya dengan data yang digunakan pada diagram T^2 Hotelling berbentuk subgrup dari data pertahunnya, dan menghasilkan grafik seperti berikut:



Gambar 7 Diagram Kontrol T^2 Hotelling Kualitas Lulusan Matematika MIPA UNRAM Tahun 2012-2018

Dari hasil tersebut dinyatakan bahwa kualitas lulusan mahasiswa PS Matematika FMIPA UNRAM tahun 2012-2018 dengan menggunakan uji T^2 Hotelling berada dalam kualitas yang tidak terkontrol karena terdapat satu subgrup yang berada di luar batas kontrol.

Untuk menentukan variabel penyebab subgrup keluar dari batas kontrol (*out of control*) dilakukan pemeriksaan variabel tersebut melalui dekomposisi nilai T^2 . Hasil pemeriksaan tersebut memberikan hasil bahwa pada subgrup ke-3 atau lulusan tahun 2014, variabel lama studi merupakan variabel yang menyebabkan subgrup keluar dari batas kontrol. Setelah diketahui variabel penyebab subgrup *out of control*, Langkah selanjutnya adalah membuat diagram kontrol multivariat T^2 Hotelling revisi dengan menghilangkan subgrup yang keluar dari batas kontrol, yaitu subgrup ke-3. Kemudian diulang lagi perhitungan T^2 Hotelling dengan jumlah subgrup sebanyak 6 subgrup yaitu tahun lulusan 2012, 2013, 2015, 2016, 2017, dan 2018. Hasil perhitungan ulang dengan 6 subgrup tersebut dibuatkan diagram kontrol T^2 Hotelling sebagai berikut :



Gambar 8 Diagram Kontrol T^2 Hotelling Revisi

Dari gambar diagram kontrol T^2 Hotelling Revisi tersebut terlihat bahwa seluruh subgrup telah berada dalam batas kontrol sehingga dapat disimpulkan bahwa kualitas lulusan PS Matematika FMIPA UNRAM tahun 2012-2018 telah berada dalam kualitas yang terkontrol

5.5. Perbandingan Hasil Uji T^2 Hotelling dengan Uji MEWMA

Pada bagian ini dibandingkan hasil uji T^2 Hotelling dengan uji MEWMA. Diketahui bahwa uji T^2 Hotelling pada penelitian sebelumnya digunakan data berbentuk subgrup yang dibagi berdasarkan tahun lulusan. Sedangkan pada uji MEWMA digunakan seluruh data yang mewakili dirinya sendiri. Selain itu, uji MEWMA juga menggunakan pembobot (λ) dalam pengujiannya. Diperoleh hasil pada uji T^2 Hotelling yakni batas kontrol atas 14,2093, sehingga terdapat satu subgrup yang berada diluar batas kontrol. Sedangkan, pada uji MEWMA diperoleh batas kontrol atas yakni 11,17344 dengan 42 data yang berada diluar batas kontrol.

Oleh karena data yang digunakan pada uji T^2 Hotelling merupakan data subgrup. Kemudian pada proses revisi, subgrup yang berada di luar batas kontrol dihilangkan, maka terdapat kemungkinan bahwa ada data yang sebenarnya berada di dalam batas kontrol ikut dihilangkan. Namun, pada uji MEWMA kemungkinan tersebut tidak terjadi karena data yang digunakan adalah seluruh data yang mewakili dirinya masing-masing. Hal ini menunjukkan bahwa uji MEWMA lebih sensitif sehingga dalam menganalisis kualitas lulusan diagram kontrol MEWMA memberikan hasil yang lebih baik.

6. Penutup

Kualitas lulusan Program Studi Matematika FMIPA UNRAM tahun 2012-2018 dengan diagram kontrol MEWMA telah terkontrol pada revisi kedua. Hal tersebut ditunjukkan dengan hasil diagram kontrol revisi kedua dengan tidak adanya titik pengamatan (M_i) yang berada di luar batas kontrol. Dimana batas kontrol atas bernilai 11,17344 dan batas kontrol bawah adalah 0 dengan $\lambda = 0,1$. Oleh karena itu, kualitas

lulusan matematika FMIPA Universitas Mataram tahun 2012-2018 dikatakan baik pada revisi diagram kontrol MEWMA kedua. Adapun, setelah dilakukan monitoring diketahui bahwa variabel Lama Studi memiliki pengaruh yang paling dominan pada data *out of control*.

Pada uji T^2 Hotelling penelitian sebelumnya, data berbentuk subgrup yang dibagi berdasarkan tahun lulusan. Sedangkan pada uji MEWMA digunakan data individual. Oleh karena data pada uji T^2 Hotelling merupakan data subgrup, dan pada proses revisi subgrup yang berada di luar batas kontrol dihilangkan, maka terdapat kemungkinan bahwa ada data individu yang sebenarnya berada di dalam batas kontrol ikut dihilangkan. Namun, pada uji MEWMA kemungkinan tersebut tidak terjadi karena data yang digunakan data individual. Hal ini menunjukkan bahwa uji MEWMA lebih sensitif dibandingkan dengan uji T^2 Hotelling sehingga dalam menganalisis kualitas lulusan diagram kontrol MEWMA memberikan hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. H., Rahmawati, R., & Yasin, H. (2015). Penerapan Diagram Kontrol T^2 Hotelling pada Proses Produksi Kaca. *Jurnal Gaussian*, 4, 583-592.
- Aida, B. N. (2019). Diagram Kontrol Multivariat T^2 Hotelling pada Lulusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mataram. *Skripsi*. Mataram: Universitas Mataram.
- Anggoro, A., Mustafid, & Rahmawati, R. (2016). Pengendalian Kualitas Data Atribut Multivariat dengan Mahalanobis Distance dan T^2 Hotelling (Studi Kasus PT Metec Semarang). *Jurnal Gaussian*, 311-320.
- Anton, H. D. (2004). *Elementary Linear Algebra*. Terjemahan Revina Indriasari. Jakarta: Erlangga.
- Arifa, A. N. (2019). Perbandingan Diagram Kontrol MEWMA dan Diagram Kontrol T^2 Hotelling untuk Pengendalian Kualitas Produk Kain Polyester (Studi Kasus : PT Daya Manunggal Kota Salatiga). *Gaussian*, Vol. 8, 12-23.
- Devani, V. & Wahyuni, F. (2016). Pengendalian Kualitas Kertas dengan Menggunakan *Statistical Process Control* di Paper Machine 3. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, Vol.15, 87-93.
- Djauhari, M. A. (2005). Improved Monitoring of Multivariate Process Variability. *Journal of Quality Technology*. Vol. 37, Halaman 32-39.
- Heizer, J., & Render, B. (2005). *Manajemen Operasi Edisi 7*. Jakarta: Salemba Empat.

- Johnson, R. A. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. United States of America.
- Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi. (2019, Oktober 30). *Grafik Jumlah Perguruan Tinggi*. Retrieved from <https://forlap.ristekdikti.go.id>.
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control Sixth Edition*. America: John Wiley & Sons, Inc.
- Montgomery, D. C. (1990). *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik, Terjemahan Buku Introduction to Statistical Quality Control*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Universitas Mataram. (2019). *Profil Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*. Dipetik Oktober 2, 2019, dari <https://unram.ac.id>
- Universitas Mataram. (2019). *Profil Universitas Mataram*. Dipetik Oktober 2, 2019, dari <https://unram.ac.id>
- Utami, P. A., Mustafid, & Widiharih, T. (2020). Pengendalian Multivariat dengan Diagram Kontrol MEWMA Menggunakan Metode Six Sigma (Studi Kasus PT Fumira Semarang Tahun 2019). *Jurnal Gaussian, Vol. 9*, Halaman 98-111.