

**PENGGUNAAN BAGAN KENDALI *FUZZY*
EXPONENTIALLY WEIGHTED MOVING AVERAGE
(FEWMA) PADA DATA ROTI DI PT. UGIEE
INDONESIA**

SKRIPSI



**NURAZIZAH
H051191076**

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**PENGGUNAAN BAGAN KENDALI *FUZZY*
EXPONENTIALLY WEIGHTED MOVING AVERAGE
(FEWMA) PADA DATA ROTI DI PT. UGIEE
INDONESIA**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada
Program Studi Statistika Departemen Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin**

NURAZIZAH

H051191076

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA FAKULTAS
MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM UNIVERSITAS
HASANUDDIN
MAKASSAR**

AGUSTUS 2023

LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang saya buat dengan judul:

PENGUNAAN BAGAN KENDALI *FUZZY EXPONENTIALLY WEIGHTED MOVING AVERAGE* (FEWMA) PADA DATA ROTI DI PT. UGIEE INDONESIA

adalah benar hasil karya saya sendiri, bukan hasil plagiat dan belum pernah dipublikasikan dalam bentuk apapun

Makassar, 10 Agustus 2023



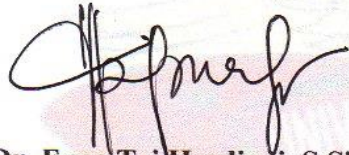
Nurazizah

NIM H051191076

**PENGGUNAAN BAGAN KENDALI *FUZZY*
EXPONENTIALLY WEIGHTED MOVING AVERAGE
(FEWMA) PADA DATA ROTI DI PT. UGIEE
INDONESIA**

Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama



Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si
NIP. 197504292000032001

Pembimbing Pertama



Andi Kresna Jaya, S.Si., M.Si
NIP. 197312282000031001

Ketua Program Studi



Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si.
NIP. 197708082005012002

Pada 10 Agustus 2023

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Nurazizah
NIM : H051191076
Program Studi : Statistika
Judul Skripsi : Penggunaan Bagan Kendali *Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average* (FEWMA) Pada Data Roti di PT Ugee Indonesia

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

DEWAN PENGUJI

1. Ketua : Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si. (.....)
2. Sekretaris : Andi Kresna Jaya, S.Si., M.Si. (.....)
3. Anggota : Anisa, S.Si., M.Si. (.....)
4. Anggota : Dra. Nasrah Sirajang, M.Si. (.....)

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 10 Agustus 2023

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabaraktuh

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Rasulullah *Shallallahu 'Alaihi Wa Sallam* beserta keluarga dan para sahabatnya. *Alhamdulillahirobbil'alamin*, berkat nikmat kesehatan baik itu sehat fisik maupun akal pikiran, kesabaran, dan kemudahan yang diberikan oleh Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*, penulis mampu menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Penggunaan Bagan Kendali *Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average (FEWMA)* Pada Data Roti PT. Ugiee Indonesia”** yang disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Statistika Departemen Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dorongan yang diberikan oleh berbagai pihak yang senantiasa turut memberikan bantuan baik secara moril maupun materil. Meskipun penulis memiliki keterbatasan dalam kemampuan dan pengetahuan, namun berkat bantuan dan dukungan tersebut, penulis berhasil menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya serta penghargaan yang setinggi-tingginya untuk orang tua penulis, Ayahanda **Hasanuddin** dan Ibunda **Mariani** yang telah memberikan dukungan penuh, pengorbanan, kesabaran hati, limpahan cinta dan kasih sayang, serta dengan ikhlas telah mengiringi setiap langkah penulis dengan doa dan restu mulianya. Ucapan terima kasih juga penulis haturkan kepada kakak tersayang penulis **St. Haisah, S.St** yang senantiasa memberikan semangat, dukungan moril dan doa terbaiknya untuk penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, serta kepada keluarga besar penulis, terima kasih atas doa dan dukungannya selama ini.

Penghargaan yang tulus dan ucapan terima kasih dengan penuh keikhlasan dan ketulusan juga penulis ucapkan kepada:

1. **Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
2. **Bapak Dr. Eng. Amiruddin**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
3. **Ibu Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si.**, selaku Ketua Departemen Statistika, segenap Dosen Pengajar dan Staf yang telah membekali ilmu dan kemudahan kepada penulis dalam berbagai hal selama menempuh Pendidikan sarjana di Departemen Statistika.
4. **Ibu Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.** selaku Pembimbing Utama dan **Bapak Andi Kresna Jaya, S.Si., M.Si.**, selaku Pembimbing Pendamping yang dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu dan pemikirannya di tengah berbagai kesibukan dan prioritasnya untuk senantiasa memberikan arahan, dorongan semangat, dan motivasi kepada penulis mulai dari awal hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.
5. **Ibu Annisa, S.Si., M.Si.** dan **Ibu Dra. Nasrah Sirajang, M.Si.**, selaku Tim Penguji yang telah meluangkan waktunya kepada penulis dengan senantiasa memberikan saran dan kritikan yang membangun kepada penulis dalam penyempurnaan tugas akhir ini.
6. **Ibu Annisa, S.Si., M.Si.** selaku Penasehat Akademik Penulis yang senantiasa memberikan bantuan, nasehat, serta motivasi kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.
7. **PT. Ugiee Indonesia** yang telah memberikan izin bagi penulis untuk menggunakan data produksinya sebagai data penelitian pada tugas akhir ini
8. Sahabat tercinta penulis, **Yasmin Pratiwi** yang telah menjadi sahabat serta saudara tak sedarah terbaik yang senantiasa memberikan semangat, mendengarkan segala keluh kesah penulis dalam hal apapun, dan menemani

perjalanan suka dan duka penulis di perantauan sejak mahasiswa baru, saat ini dan seterusnya. Terima telah memberikan cerita yang indah selama perkuliahan.

9. Sahabat seperjuangan di Statistika 2019, **Muliana, Mayashari, Seli Lisnayati, Nursyahfika, Muhammad Syamsul Bahri, Taufik Hidayat, Muhammad Faturrahman, Sapriadi Rasyid, dan Arief Rahman Nur**. Terima kasih atas kebersamaan, kebahagiaan, bantuan, serta kebaikannya menjadi sahabat sekaligus keluarga bagi penulis. Terima kasih telah mengukir kenangan indah bersama penulis selama masa perkuliahan.
10. Teman seperjuangan di **Statistika 2019**. Terima kasih atas ilmu, kebersamaan, suka dan duka dalam menjalani perkuliahan di Departemen Statistika. Terima kasih telah mengukir kenangan indah bersama penulis selama masa perkuliahan dan telah menerima kehadiran penulis.
11. Terima kasih kepada Kak **Nina** dan **Keluarga** yang telah mendukung penulis serta menemani penulis selama berada di Makassar.
12. Kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih setinggi-tingginya untuk segala dukungan, partisipasi, dan apresiasi yang diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini, untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf. Akhir kata, semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat untuk berbagai pihak.

Makassar, 10 Agustus 2023



Nurazizah

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIK**

Sebagai civitas akademik Universitas Hasanuddin, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurazizah
NIM : H051191076
Program Studi : Statistika
Departemen : Statistika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hasanuddin **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas tugas akhir saya yang berjudul:

**“Penggunaan Bagan Kendali *Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average*
(FEWMA) Pada Data Roti PT. Ugiec Indonesia”.**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal di atas, maka pihak universitas berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Makassar tanggal 10 Agustus 2023.

Yang menyatakan,



(Nurazizah)

ABSTRAK

Perkembangan industri saat ini semakin pesat, hal ini memicu para penggerak industri untuk terus menciptakan produk yang dapat bertahan lama di pasaran, sehingga perlu dilakukan pengendalian kualitas produksi. Untuk mempertahankan suatu kualitas produk harus dimonitor agar produk yang diproduksi sesuai dengan kualitas yang diharapkan. Umumnya bagan kendali yang sering digunakan adalah bagan kendali Shewart namun, bagan kendali Shewart kurang sensitif terhadap pergeseran rata-rata yang kecil. Apabila terdapat data dengan pergeseran proses kecil maka untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan bagan kendali EWMA. Pada bagan kendali tradisional disusun berdasarkan data yang memuat angka pasti namun, ketika data tersebut dipengaruhi oleh penilaian dalam hal ini adanya campur tangan manusia, maka hasil yang didapatkan akan berupa data yang tidak pasti. Pada situasi ini, grafik pengendali FEWMA adalah metode yang tepat untuk mengevaluasi data yang tidak pasti dengan pergeseran kecil. Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui performa bagan kendali FEWMA dalam mendeteksi pergeseran kecil pada produksi roti di PT. Ugiee Indonesia. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bagan kendali FEWMA mampu mendeteksi *out of control* yang lebih banyak dibandingkan dengan bagan kendali EWMA sehingga dapat disimpulkan bahwa performa bagan kendali FEWMA lebih baik dalam mendeteksi pergeseran *mean* proses yang kecil daripada bagan kendali EWMA berdasarkan jumlah *out of control*.

Kata Kunci: Kualitas produk, bagan kendali, EWMA, FEWMA, *out of control*.

ABSTRACT

Industrial development is currently progressing rapidly, which has driven industry players to continuously create products that can endure in the market. Therefore, it is essential to implement production quality control measures. To maintain product quality, it must be monitored to ensure that the produced items meet the expected standards. The commonly used control chart for this purpose is the Shewart control chart; however, it may lack sensitivity to detect small shifts in the process mean. To address this issue, the Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) control chart is required when dealing with data containing small process shifts. Traditionally, control charts are constructed based on data with precise numerical values. Nevertheless, in cases where the data is influenced by human judgment or subjective assessment, the results obtained may be uncertain. In such situations, the First-order Exponentially Weighted Moving Average (FEWMA) control chart is a suitable method to evaluate uncertain data with small shifts. In this study, the performance of the FEWMA control chart is examined to detect small shifts in bread production at PT. Ugiee Indonesia. The research findings demonstrate that the FEWMA control chart can detect more out-of-control points compared to the EWMA control chart. Hence, it can be concluded that the FEWMA control chart performs better in detecting small process mean shifts than the EWMA control chart based on the number of out-of-control points.

Keywords: *Product quality, control chart, EWMA, FEWMA, out of control.*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Bagan Kendali <i>Exponentially Weighted Moving Average</i>	4
2.2 Himpunan <i>Fuzzy</i>	6
2.3 Bagan Kendali <i>Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average</i>	7

2.4	Uji Normalitas	9
2.5	PT. Ugiee Indonesia	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		11
3.1	Sumber Data	11
3.2	Variabel Penelitian	11
3.3	Tahapan Analisis Data.....	11
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		13
4.1	Penentuan Batas Kendali <i>Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average</i> . 13	
4.2	Studi Kasus Data Jumlah Cacat Produksi Roti PT. Ugiee Indonesia.....	16
4.2.1	Uji Normalitas.....	16
4.2.2	Bagan Kendali <i>Exponentially Weighted Moving Average (EWMA)</i>	17
4.2.3	Bagan Kendali <i>Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average (FEWMA)</i>	21
4.3	Perbandingan Kinerja Menggunakan Jumlah <i>Out Of Control</i>	27
BAB V PENUTUP.....		31
5.1	Kesimpulan.....	31
5.2	Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA		33
LAMPIRAN.....		35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Variabel Produksi Roti	10
Tabel 4.1	Uji Kolmogorov-Smirnov	16
Tabel 4.2	Nilai UCL dan LCL pada Bagan Kendali EWMA	19
Tabel 4.3	Transformasi <i>Fuzzy Number</i>	22
Tabel 4.4	Status <i>Out Of Control</i> pada Bagan Kendali EWMA.....	27
Tabel 4.5	Jumlah <i>Out Of Control</i> Bagan Kendali EWMA dan FEWMA.....	28
Tabel 4.6	Perbandingan Jumlah <i>Out Of Control</i> pada Bagan Kendali EWMA dan FEWMA.....	30

DAFTAR GAMBAR

Bagan Kendali EWMA untuk $\lambda = 0.05$ 20
Bagan Kendali FEWMA untuk $\lambda = 0.05$ 26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Produksi Roti PT. Ugiee Indonesia Periode 1 November – 20 Desember 2023..... 36

Lampiran 2. Uji Kolmogorov-Smirnov..... 38

Lampiran 3. Tabel Nilai Kritis Uji Kolmogorov-Smirnov 39

Lampiran 4. Bagan Kendali *Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average* untuk $X(a)$ dengan $\lambda = 0.05$ 40

Lampiran 5. Bagan Kendali *Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average* untuk $X(b)$ dengan $\lambda = 0.05$ 42

Lampiran 6. Bagan Kendali *Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average* untuk $X(c)$ dengan $\lambda = 0.05$ 44

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri saat ini semakin pesat, hal ini memicu para penggerak industri untuk terus menciptakan produk yang dapat bertahan lama di pasaran, sehingga perlu dilakukan pengendalian kualitas produksi. Kualitas suatu produk merupakan suatu faktor yang berpengaruh terhadap kepuasan konsumen. Untuk mempertahankan suatu kualitas produk, produk harus dikendalikan dan dimonitor agar produk yang diproduksi sesuai dengan kualitas yang diharapkan (Pratiwi dan Wibati, 2020). Suatu alat statistik yang digunakan dalam pengendalian kualitas produksi adalah *Statistical Quality Control* (SQC).

Statistical Quality Control (SQC) dan pengembangan merupakan salah satu cabang dari statistika industri yang mencakup terutama bidang pengambilan sampel penerimaan, proses statistik pemantauan dan *Statistical Proses Control* (SPC). *Statistical Proses Control* digunakan untuk memantau proses produksi dari waktu ke waktu untuk mendeteksi perubahan dalam kinerja proses, salah satu cara yang digunakan dalam SPC adalah diagram kontrol atau bagan kendali. Dasar-dasar SPC dan diagram kontrol diusulkan oleh Walter A Shewhart ditahun 1920-an hingga 1930-an. Bagan kendali Shewhart hanya menggunakan informasi mengenai proses yang terkandung dalam titik tergambar terakhir, dan mengabaikan setiap informasi yang diberikan oleh barisan titik-titik itu sehingga kurang sensitif terhadap pergeseran rata-rata yang kecil (Subbulakshmi dkk., 2017).

Pergeseran rata-rata yang kecil didefinisikan sebagai pergeseran rata-rata yang berkisar kurang dari 1,5 kali standar deviasinya (Montgomery, 2009). Apabila terdapat data dengan pergeseran proses kecil maka untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan Bagan kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA). Bagan kendali EWMA diperkenalkan pertama kali oleh Roberts (1959). EWMA juga merupakan salah satu bagan kendali Shewart yang banyak diterapkan khususnya pada kasus *time series* (Montgomery, 2009).

Pada umumnya, grafik pengendali tradisional disusun berdasarkan data yang memuat angka pasti. Namun ketika data tersebut dipengaruhi oleh penilaian, evaluasi dan keputusan secara subyektif, dalam hal ini adanya campur tangan manusia, maka hasil yang didapatkan akan berupa data yang samar atau tidak pasti. Ketidakpastian ini berdasar pada sistem dan proses pengukuran yang dapat menyebabkan kesulitan dalam memperoleh data tegas dari proses tersebut. Hasil variabilitas dalam keadaan samar tersebut harus ditangani dengan tepat agar hasil pengolahan data bisa representative. Pada situasi ini, grafik pengendali *fuzzy* adalah metode yang tepat untuk mengevaluasi data yang tidak jelas dan tidak pasti (*fuzzy*). Teori himpunan *fuzzy* menunjang pengembangan konsep dan teknik untuk urusan dengan sumber yang tidak pasti dan tidak jelas (Sentruk dkk., 2014). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Khan, dkk (2018) *fuzzy* Bagan kendali Shewhart masih kurang tepat dalam mengungkapkan pergeseran kecil dalam rata-rata proses maka untuk mengatasi masalah tersebut digunakan metode (EWMA).

Beberapa penelitian sebelumnya yang terkait penelitian ini ialah penelitian yang dilakukan Dina Maria Munika (2014) dengan menggunakan metode *fuzzy* mindrange transformation dan *direct fuzzy approach* menghasilkan tidak hanya dapat mendeteksi *out of control* ataupun *in control* juga dapat menghasilkan keputusan *rather in control* dan *rather out of control*. Hakam (2017) membandingkan metode EWMA dan *Cumulative Sum* (CUSUM), hasilnya bagan kendali EWMA lebih sensitif dalam menemukan pergeseran kecil. Fatimah (2018) membandingkan metode EWMA dan *Autoregressive Conditional Heterocedastic/Generalized Autoregressive Conditional Heterocedastic* (ARCH/GARCH) yang menghasilkan kinerja portofolio optimal yang terbentuk dengan metode EWMA lebih baik dibandingkan kinerja portofolio optimal yang terbentuk dengan metode ARCH/GARCH. Nanda Eka Putri R (2018) membandingkan metode bagan kendali demerit dan *fuzzy* demerit dengan hasil analisis menunjukkan bahwa bagan kendali *fuzzy* demerit lebih sensitif jika dibandingkan dengan bagan kendali demerit. Berdasarkan uraian tersebut, maka dalam penelitian ini penulis akan mengkaji dengan tema **“Penggunaan Bagan Kendali FEWMA yang Diterapkan Pada Data Roti PT. Ugiee Indonesia”**.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang dirumuskan dalam melakukan penelitian ini adalah

1. Bagaimana menentukan bagan kendali *Fuzzy Exponentially weighted Moving Average* ?
2. Bagaimana perbandingan kinerja *Exponentially weighted Moving Average* dan *Fuzzy Exponentially weighted Moving Average*?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu pembahasan akan difokuskan pada pengendalian proses statistik untuk data *fuzzy* dengan satu karakteristik kualitas. Data tersebut dikontrol dengan grafik pengendali *Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average* dengan menggunakan bilangan *fuzzy* segitiga (*triangular fuzzy*).

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian yaitu

1. Memperoleh bagan pengendali *Fuzzy Exponentially weighted Moving Average*.
2. Membandingkan kinerja antara bagan kendali *Exponentially weighted Moving Average* dan *Fuzzy Exponentially weighted Moving Average*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang di harapkan dari penelitian ini ialah dapat menambah wawasan keilmuan dan pengetahuan mengenai bagan kendali *fuzzy Exponentially Weighted Moving Average* (FEWMA). Serta dapat dijadikan masukan atau usulan untuk perusahaan dalam meningkatkan kualitas produk di masa mendatang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bagan Kendali *Exponentially Weighted Moving Average*

Dalam proses pengendalian kualitas dibutuhkan alat untuk mengetahui apakah suatu proses sudah memenuhi standar kualitas yang dibutuhkan oleh suatu perusahaan atau belum, salah satunya melalui bagan pengendali. Model pendekatan EWMA diperkenalkan pertama kali oleh seorang peneliti bernama Roberts pada tahun 1959. Model pendekatan ini dapat digunakan untuk mengontrol data atribut ataupun data variabel historis (Blevins dkk., 2019).

Bagan pengendali EWMA lebih efektif menyidik pergeseran proses yang kecil daripada bagan \bar{X} biasa. Bagan pengendali EWMA berdasarkan statistik didefinisikan sebagai berikut (sentruk dkk., 2014)

$$Z_t = \lambda \bar{X}_t + (1 - \lambda)Z_{t-1} \quad (2.1)$$

Keterangan:

Z_t = Nilai EWMA rata-rata ke- t

λ = Parameter pembobot EWMA dengan nilai $0 < \lambda < 1$

\bar{X}_t = nilai pengamatan pada waktu ke- t

t = waktu atau subgroup pada pengamatan dengan $t = 1, 2, 3, \dots, n$

dengan \bar{X}_t ($t = 1, 2, 3, \dots, n$) merupakan peubah acak dari distribusi normal yang saling independen.

Z_0 merupakan nilai awal yang terkadang dapat diperoleh dari nilai rata-rata hasil pengamatan seperti pada Persamaan (2.2)

$$Z_0 = \bar{X} = \frac{\sum_{t=1}^n \bar{X}_t}{n} \quad (2.2)$$

Berdasarkan Persamaan (2.1) maka akan diperoleh persamaan-persamaan berikut.

$$\begin{aligned} Z_1 &= \lambda \bar{X}_1 + (1 - \lambda)Z_{1-1} \\ &= \lambda \bar{X}_1 + (1 - \lambda)Z_0 \end{aligned} \quad (2.3)$$

$$\begin{aligned}
 Z_2 &= \lambda \bar{X}_2 + (1 - \lambda)Z_{2-1} \\
 &= \lambda \bar{X}_2 + (1 - \lambda)Z_1 \\
 &= \lambda \bar{X}_2 + (1 - \lambda)[\lambda \bar{X}_1 + (1 - \lambda)Z_0] \\
 &= \lambda \bar{X}_2 + \lambda(1 - \lambda)\bar{X}_1 + (1 - \lambda)^2 Z_0
 \end{aligned} \tag{2.4}$$

$$\begin{aligned}
 Z_3 &= \lambda \bar{X}_3 + (1 - \lambda)Z_{3-1} \\
 &= \lambda \bar{X}_3 + (1 - \lambda)Z_2 \\
 &= \lambda \bar{X}_3 + (1 - \lambda)[\lambda \bar{X}_2 + \lambda(1 - \lambda)\bar{X}_1 + (1 - \lambda)^2 Z_0] \\
 &= \lambda \bar{X}_3 + \lambda(1 - \lambda)\bar{X}_2 + \lambda(1 - \lambda)^2 \bar{X}_1 + (1 - \lambda)^3 Z_0
 \end{aligned} \tag{2.5}$$

Persamaan (2.3), (2.4) dan (2.5) dapat direkursi untuk Z_{t-j} dengan $j = 4, 5, \dots$, diperoleh persamaan (2.6).

$$\begin{aligned}
 Z_t &= \lambda \bar{X}_t + \lambda(1 - \lambda)\bar{X}_{t-1} + \lambda(1 - \lambda)^2 \bar{X}_{t-2} + \dots + \lambda(1 - \lambda)^{t-2} \bar{X}_2 + \\
 &\quad \lambda(1 - \lambda)^{t-1} \bar{X}_1 + (1 - \lambda)^t Z_{t-t} \\
 &= \lambda \bar{X}_t + \lambda(1 - \lambda)\bar{X}_{t-1} + \lambda(1 - \lambda)^2 \bar{X}_{t-2} + \dots + \lambda(1 - \lambda)^{t-2} \bar{X}_2 + \lambda(1 - \\
 &\quad \lambda)^{t-1} \bar{X}_1 + (1 - \lambda)^t Z_0
 \end{aligned} \tag{2.6}$$

Persamaan (2.6) dapat dinyatakan secara sederhana dalam Persamaan (2.7) berikut.

$$Z_t = \lambda \sum_{j=0}^{t-1} (1 - \lambda)^j \bar{X}_{t-j} + (1 - \lambda)^t Z_0 \tag{2.7}$$

Terlihat adanya pergerakan *average* yang tidak hanya terjadi untuk X_1 , namun untuk data terbaru X_2, X_3, \dots, X_n . Pergerakan *average* untuk tiap Z_t disebut sebagai Persamaan *moving average*.

Selain itu, pada Persamaan (2.6) dapat diperhatikan bahwa bobot menurun secara eksponensial dari rata-rata subgrup terdahulu hingga rata-rata subgrup terbaru, yaitu $\lambda(1 - \lambda)^0, \lambda(1 - \lambda)^1, \lambda(1 - \lambda)^2, \dots, \lambda(1 - \lambda)^{t-2}, \lambda(1 - \lambda)^{t-1}$.

Pada Z_t memiliki nilai pemusatan dan penyebaran. Nilai pemusatan dari EWMA merupakan nilai rata-rata sedangkan nilai penyebaran merupakan nilai variansi. Nilai rata-rata dari peta kendali EWMA adalah hasil dari ekspektasi Z_t dengan nilai rata-rata yang diinginkan adalah nilai Z_0 yang dinyatakan dengan Persamaan (2.8).

$$E[Z_t] = Z_t = \bar{X} \quad (2.8)$$

Adapun nilai variansi dari Z_t diberikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sigma_{Z_t}^2 &= var(Z_t) \\ &= \frac{\lambda \sigma_{xt}^2 (1 - (1 - \lambda)^{2t})}{2 - \lambda} \end{aligned} \quad (2.9)$$

Sehingga dapat diketahui nilai variansi EWMA dapat ditulis :

$$\sigma_{Z_t}^2 = \lambda \sigma_{xt}^2 \left(\frac{\lambda}{2 - \lambda} \right) (1 - (1 - \lambda)^{2t}) \quad (2.10)$$

Atau dapat juga dinyatakan dalam persamaan (2.11) berikut.

$$\sigma_{Z_t} = \sqrt{\lambda \sigma_{xt}^2 \left(\frac{\lambda}{2 - \lambda} \right) (1 - (1 - \lambda)^{2t})} \quad (2.11)$$

Sehingga nilai *Center Line* (CL), *Upper Control Limit* (UCL) Dan *Lower Control Limit* (LCL) peta kendali EWMA adalah :

$$UCL_{EWMA} = \bar{X} + L \sigma_{xt} \sqrt{\lambda \left(\frac{\lambda}{2 - \lambda} \right) (1 - (1 - \lambda)^{2t})} \quad (2.12)$$

$$CL_{EWMA} = \bar{X} \quad (2.13)$$

$$LCL_{EWMA} = \bar{X} - L \sigma_{xt} \sqrt{\lambda \left(\frac{\lambda}{2 - \lambda} \right) (1 - (1 - \lambda)^{2t})} \quad (2.14)$$

Keterangan:

\bar{X} = Nilai rata-rata keseluruhan

L = Lebar batas kendali

2.2 Himpunan *Fuzzy*

Pada tahun 1965 ilmuan bernama Prof. L.A Zadeh mengembangkan untuk pertama kali teori himpunan *fuzzy* Dalam teori himpunan klasik, himpunan didefinisikan sebagai suatu kumpulan atau koleksi objek-objek yang mempunyai kesamaan sifat tertentu dan terdefinisi secara tegas, artinya untuk setiap objek selalu dapat ditentukan secara tegas apakah objek tersebut merupakan anggota himpunan itu atau tidak. Oleh karena itu, himpunan semacam ini sering disebut sebagai himpunan

tegas (*crisp set*). Himpunan yang tidak dapat didefinisikan secara jelas tersebut disebut himpunan *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut yaitu :

1. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: Muda, Paruh Baya, Tua
2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 40, 30, 50, dsb.

Dalam teori *fuzzy* beberapa komponen dari keanggotaan *fuzzy* diantaranya representasi linear, segitiga tringular, trapesium kurva, kurva S, representasi bentuk lonceng dan representasi bentuk bahu (Pratiwi dkk, 2021). Dalam penelitian ini digunakan segitiga triangular dengan mentransformasikan data menjadi *fuzzy* number dengan menggunakan Persamaan (2.15) berikut.

$$\bar{X}_a = a + \alpha(b - a) \quad (2.15)$$

$$\bar{X}_b = b \quad (2.16)$$

$$\bar{X}_c = c - \alpha(c - b) \quad (2.17)$$

Keterangan:

a = Jumlah Cacat *Minor*

b = Jumlah Cacat *Critical*

c = Jumlah Cacat *Mayor*

α = Bobot

2.3 Bagan Kendali *Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average*

Pada pengendalian kualitas, terdapat beberapa perusahaan yang melakukan pengendalian kualitasnya menggunakan variabel linguistik. Misalnya, terdapat kategori baik, sedang, dan buruk. Sebuah perusahaan menentukan bahwa suatu barang produksi yang masuk dalam kategori buruk harus masuk kembali dalam proses produksi atau daur ulang sedangkan kategori sedang dan baik dapat langsung dipasarkan (Bector dan Suresh, 2005). Dalam hal ini, terdapat perbedaan yang sangat kecil namun sudah memasuki kategori yang berbeda maka terdapat satu barang yang

harus didaur ulang. Dengan bagan pengendali FEWMA (Sentruk dkk., 2014) sebagai berikut:

$$\bar{Z}_m = \lambda(\bar{X}_{am}, \bar{X}_{bm}, \bar{X}_{cm}) + (1 - \lambda)\bar{Z}_{m-1} \quad (2.18)$$

Jika diberikan bilangan *fuzzy* segitiga $(\bar{X}_{at}, \bar{X}_{bt}, \bar{X}_{ct})$ dengan jumlah sampel sebanyak n , maka $(\bar{X}_{at}, \bar{X}_{bt}, \bar{X}_{ct})$ merupakan rata-rata dari bilangan *fuzzy* ke t . batas pengendalinya adalah:

$$\begin{aligned} \widetilde{UCL}_{EWMA} &= (\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c) + \frac{3}{\sqrt{n}}(\sigma_a, \sigma_b, \sigma_c) \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right) (1 - (1 - \lambda)^{2m})} \\ &= \left(\bar{X}_a + \frac{3\sigma_a}{\sqrt{n}} \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right) (1 - (1 - \lambda)^{2m})}, \right. \\ &\quad \left. \bar{X}_b + \frac{3\sigma_b}{\sqrt{n}} \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right) (1 - (1 - \lambda)^{2m})}, \right. \\ &\quad \left. \bar{X}_c + \frac{3\sigma_c}{\sqrt{n}} \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right) (1 - (1 - \lambda)^{2m})}\right) \end{aligned} \quad (2.19)$$

$$\widetilde{CL}_{EWMA} = (\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c) \quad (2.20)$$

$$\begin{aligned} \widetilde{LCL}_{EWMA} &= (\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c) - \frac{3}{\sqrt{n}}(\sigma_a, \sigma_b, \sigma_c) \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right) (1 - (1 - \lambda)^{2m})} \\ &= \left(\bar{X}_a - \frac{3\sigma_a}{\sqrt{n}} \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right) (1 - (1 - \lambda)^{2m})}, \right. \\ &\quad \left. \bar{X}_b - \frac{3\sigma_b}{\sqrt{n}} \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right) (1 - (1 - \lambda)^{2m})}, \right. \\ &\quad \left. \bar{X}_c - \frac{3\sigma_c}{\sqrt{n}} \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right) (1 - (1 - \lambda)^{2m})}\right) \end{aligned} \quad (2.21)$$

2.4 Uji Normalitas

Uji Normalitas merupakan sebuah uji yang bertujuan untuk mengetahui apakah data sampel yang diperoleh berdistribusi normal atau tidak. Pengujian normalitas data dapat menggunakan uji Kolomogorov-Smirnov. Proses pengujian normalitas adalah sebagai berikut (Hanusz & Tarasinska, 2015):

H_0 : data berdistribusi normal

H_1 : data tidak berdistribusi normal

Statistik uji:

$$D = \max \left\{ \left| F(x_i) - \frac{i-1}{n} \right|, \left| \frac{1}{n} - F(x_i) \right| \right\} \quad (2.22)$$




Kriteria pengujian:

Jika $D < D_{\alpha,n}$ dimana D merupakan deviasi maksimum dan $D_{\alpha,n}$ merupakan nilai tabel Kolomogorov-Smirnov atau $P - value > 0.05$ maka H_0 diterima yang artinya data berdistribusi normal.

2.5 PT. Ugiee Indonesia

PT. Ugiee Indonesia adalah produsen makanan dan minuman berupa roti, kripik pisang dan bubuk *Ice* yang didirikan pada November 2019. Pusat lokasi usaha berada di Lapangan Lasinrang, Jl. A. Abdullah, Jaya, Kecamatan Watang Sawitto, Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan. Selain menjadi produsen PT. Ugiee Indonesia juga berperan sebagai distributor dengan menjual brand yang dimiliki di outlet atau café dengan berbagai menu. Untuk saat ini Ugiee masih memiliki sekitar 50 outlet yang tersebar di daerah Sulawesi Selatan, Sulawesi Tengah hingga di Serawak Malaysia. Usaha ini telah mendapatkan izin dari Badan Standarisasi Nasional (BSN) yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berfungsi dalam menjamin semua produk yang dihasilkan telah memenuhi aturan dari pemerintah Indonesia mengenai jaminan mutu produksi.

Tabel 2.1 Variabel Produksi Roti

No	Jenis Produk	Keterangan	Foto Produk
1	Normal	Produk sempurna	
2	Minor	Produk dengan bentuk roti tidak sempurna	
3	Critical	Produk dengan bentuk roti tidak sempurna dan patah	
4	Mayor	Produk yang memiliki rasa kecut dan berair	