

**BAGAN KENDALI MENGGUNAKAN METODE
NONPARAMETRIK *EXPONENTIALLY WEIGHTED
MOVING AVERAGE WILCOXON SIGNED RANK* PADA
PENGENDALIAN KUALITAS**

SKRIPSI



MELLYANA MASA

H051191012

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

MAKASSAR

2023

**BAGAN KENDALI MENGGUNAKAN METODE
NONPARAMETRIK *EXPONENTIALLY WEIGHTED
MOVING AVERAGE WILCOXON SIGNED RANK* PADA
PENGENDALIAN KUALITAS**

SKRIPSI

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

MELLYANA MASA

H051191012

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

MAKASSAR

NOVEMBER 2023

Universitas Hasanuddin

LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN

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

**BAGAN KENDALI MENGGUNAKAN METODE NONPARAMETRIK
EXPONENTIALLY WEIGHTED MOVING AVERAGE WILCOXON SIGNED
RANK PADA PENGENDALIAN KUALITAS**

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

Makassar, 30 November 2023



Mellyana Masa
NIM H051191012

Universitas Hasanuddin

**BAGAN KENDALI MENGGUNAKAN METODE
NONPARAMETRIK *EXPONENTIALLY WEIGHTED
MOVING AVERAGE WILCOXON SIGNED RANK* PADA
PENGENDALIAN KUALITAS**

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 30 November 2023

Universitas Hasanuddin

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Mellyana Masa
NIM : H051191012
Program Studi : Statistika
Judul Skripsi : Bagan Kendali Menggunakan Metode Nonparametrik
Exponentially Weighted Moving Average Wilcoxon Signed Rank Pada Pengendalian Kualitas

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 : Siswanto, S.Si., M.Si. (.....)
4. Anggota : Anisa, S.Si., M.Si. (.....)

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 30 November 2023

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, hikmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini. Puji syukur senantiasa tercurahkan kepada Tuhan Yesus Kristus untuk berkat nikmat kesehatan baik itu sehat fisik maupun akal pikiran, kesabaran, dan kemudahan yang diberikan oleh Tuhan Yesus, penulis mampu menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Bagan Kendali Menggunakan Metode Nonparametrik *Exponentially Weighted Moving Average Wilcoxon Signed Rank* Pada Pengendalian Kualitas**” 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 dalam penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dorongan dari berbagai pihak yang senantiasa turut membantu dalam bentuk moril maupun materil sehingga dengan segala keterbatasan kemampuan dan pengetahuan, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada kepada semua pihak yang terlibat. Oleh karena itu, dengan penuh kesadaran dan kerendahan hati, pada kesempatan ini perkenankanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada yang terhormat:

1. Terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada ayahanda **Andarias Duma** dan Ibunda **Selfi Sara** atas kasih sayang, pengorbanan, kesabaran hati, dukungan penuh serta doa yang selalu dipanjatkan demi kelancaran setiap langkah dalam hidup penulis.
2. Terima kasih kepada adik-adik tersayang **Merciana Sara** dan **Marcelleo** serta Keluarga besar yang selalu memberikan dukungan dan harapan besar kepada penulis yang membuat penulis selalu termotivasi untuk terus berusaha dan pantang menyerah.
3. Terima kasih kepada **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh staf jajarannya.

4. Terima kasih Bapak **Dr. Eng. Amiruddin**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh staf jajarannya.
5. Terima kasih kepada **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
6. Terima kasih kepada **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.
7. Terima kasih kepada **Bapak Siswanto, S.Si., M.Si.** dan **Ibu Anisa, S.Si., 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.
8. Terima kasih kepada **Bapak Siswanto, S.Si., M.Si.** selaku Penasehat Akademik Penulis yang senantiasa memberikan bantuan, nasehat, serta motivasi kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.
9. Terima kasih kepada sahabat tercinta penulis, **Stevania Saskia, Melda Fitriyani Aziz** dan **Nurul Dwinilda Zhalzhabilah** yang telah menjadi sahabat terbaik serta senantiasa memberikan semangat, mendengarkan segala keluh kesah penulis dalam hal apapun, dan menemani perjalanan suka dan duka penulis selama ini.
10. Terima kasih kepada sahabat tercinta penulis sejak kecil, **Novita, Serina, Inez**, dan **Jery** yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis, memberikan semangat, memberikan doa dan menghibur penulis.
11. Terima kasih kepada adik-adik tamborin tercinta, **Sela, Lydia, Apri, Tasya, Winda, Windi, Dewi**, dan **Tiara** yang telah menjadi sahabat terbaik serta senantiasa memberikan semangat, memberikan doa, mendengarkan segala
12. menemani perjalanan suka dan duka penulis dan menghibur penulis selama

Universitas Hasanuddin

keluh kesah penulis dalam hal apapun, dan menemani perjalanan suka dan duka penulis selama ini.

12. Terima kasih kepada Sahabat terbaik penulis sejak dibangku SMA, **Stania Marsella, Iin Papalangi** dan **Grace Sir** yang senantiasa memberi semangat dan menemani perjuangan pendidikan penulis.
13. Terima kasih kepada **Jones Azarya Tomassoyan** yang senantiasa memberikan semangat, memberikan doa, mendengarkan segala keluh kesah penulis dalam hal apapun, menemani perjalanan suka dan duka penulis dan menghibur penulis selama ini.
14. Terima kasih kepada sahabat seperjuangan di Statistika 2019 **Musfira Hidayah** dan **Fachraeni Ulfiana** atas kebersamaan, kebahagiaan, bantuan, serta kebaikannya bagi penulis. Terima kasih telah mengukir kenangan indah bersama penulis selama masa perkuliahan.
15. Terima kasih kepada 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.
16. Terima kasih kepada seluruh pihak yang mungkin tidak sempat penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih atas segala dukungan, partisipasi, dan apresiasinya yang diberikan kepada penulis.

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

Makassar, 30 November 2023



Mellyana Masa

Universitas Hasanuddin

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

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

Nama : Mellyana Masa
NIM : H051191012
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:

“Bagan Kendali Menggunakan Metode Nonparametrik *Exponentially Weighted Moving Average Wilcoxon Signed Rank* Pada Pengendalian Kualitas”

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 30 November 2023.

Yang menyatakan,



(Mellyana Masa)

ABSTRAK

Salah satu alat bantu yang dapat digunakan untuk mendukung analisis dan pengambilan keputusan adalah bagan kendali. Bagan kendali digunakan untuk memantau suatu proses produk yang berada pada pengendalian kualitas secara statistika, sehingga dapat menghasilkan perbaikan kualitas. Bagan kendali yang pertama kali digunakan untuk memantau rata-rata proses adalah bagan kendali \bar{X} yang diperkenalkan oleh Walter A. Shewhart pada tahun 1920. Kelemahan pada bagan kendali \bar{X} adalah mengabaikan informasi yang diberikan oleh barisan titik-titik, sehingga bagan kendali \bar{X} kurang sensitif dalam mendeteksi pergeseran proses yang relatif kecil. Oleh karena itu, dikembangkan bagan kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA). Bagan kendali EWMA mengasumsikan datanya berdistribusi normal. Namun, tidak semua data selalu berdistribusi normal. Oleh karena itu, dikembangkan alternatif sebuah bagan kendali dengan pendekatan nonparametrik. Salah satu bagan kendali dengan pendekatan nonparametrik adalah *EWMA Wilcoxon Signed-Rank*. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan batas kendali dari bagan kendali nonparametrik *EWMA Wilcoxon Signed-Rank* dan mengaplikasikan *EWMA Wilcoxon Signed-Rank* pada data kandungan lemak dalam produk pakan ternak. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa pengendalian kualitas rata-rata komposisi lemak menggunakan bagan kendali nonparametrik *EWMA Wilcoxon Signed-Rank* untuk nilai λ sebesar 0.05, 0.3 dan 0.8 menunjukkan bahwa proses berada dalam keadaan tidak terkendali.

Kata Kunci: *Exponentially Weighted Moving Average*, nonparametrik EWMA *Wilcoxon Signed-Rank*, normalitas.

ABSTRACT

One tool that can be used to support analysis and decision making is a control chart. Control charts are used to unify a product process that is subject to statistical quality control, so that it can produce quality improvements. The first control chart used to combine process averages was the \bar{X} control chart introduced by Walter A. Shewhart in 1920. The weakness of \bar{X} is that it is less sensitive in detecting relatively small process shifts. Therefore, Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) control charts were developed. The EWMA control chart assumes normally distributed data. However, not all data is always normally distributed. Therefore, an alternative control chart was developed with a nonparametric approach. One of the control charts with a nonparametric approach is the EWMA Wilcoxon Signed-Rank. This research aims to obtain control limits from the EWMA Wilcoxon Signed-Rank nonparametric control chart and the application of EWMA Wilcoxon Signed-Rank to data on the fat content of animal feed products. The research results show that controlling the average quality of fat composition using the EWMA Wilcoxon Signed-Rank nonparametric control chart for λ values of 0.05, 0.3 and 0.8 indicates that the process is in an uncontrolled state.

Keywords: *Exponentially Weighted Moving Average, nonparametric EWMA Wilcoxon Signed-Rank, normality.*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	Error! Bookmark not defined.
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
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengendalian Kualitas.....	5
2.2 Bagan Kendali.....	5
2.3 Uji Asumsi	6
2.3.1 Uji Normalitas.....	6
2.3.2 Uji Keacakan Data	7
2.4 Bagan Kendali <i>Exponentially Weighted Moving Average</i>	7
2.5 <i>Wilcoxon Signed-Rank Test</i> Statistika	8
2.6 Bagan kendali Nonparametrik <i>Exponentially Weighted Moving Average Signed-Rank</i>	9
2.7 <i>Average Run Length</i> Bagan Kendali Nonparametrik <i>Exponentially Weighted Moving Average Signed-Rank</i>	11
2.8 PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Makassar	12

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Sumber Data.....	13
3.2 Struktur Data.....	13
3.3 Metode Analisis	14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	16
4.1 Penentuan Batas Kendali <i>Exponentially Weighted Moving Average</i>	16
4.1.1 Penentuan Nilai Ekspektasi Z_i	21
4.1.2 Penentuan Nilai Variansi Z_i	22
4.2 Penerapan Bagan Kendali Nonparametrik <i>Exponentially Weighted Moving Average Wilcoxon Signed Rank</i>	25
4.2.1 Uji Normalitas Data	25
4.2.2 Uji Keacakan Data (<i>Run Test</i>).....	26
4.2.3 Bagan Kendali Nonparametrik <i>Exponentially Weighted Moving Average</i>	27
4.3 <i>Average Run Length</i> Bagan Kendali Nonparametrik EWMA <i>Wilcoxon</i> 31	
4.3.1 Penentuan <i>Average Run Length</i> dengan Menggunakan Pendekatan Rantai <i>Markov</i>	31
4.3.2 Perhitungan <i>Average Run Length</i> Bagan Kendali Nonparametrik <i>Exponentially Weighted Moving Average Wilcoxon Signed Rank</i>	34
4.4 Perbandingan Bagan Kendali Nonparametrik EWMA <i>Wilcoxon Signed Rank</i> dan EWMA <i>Sign</i>	35
4.4.1 Perbandingan Visualisasi Bagan Kendali Nonparametrik EWMA <i>Wilcoxon Signed Rank</i> dan EWMA <i>Sign</i>	36
4.4.2 Perbandingan <i>Average Run Length</i> Bagan Kendali Nonparametrik EWMA <i>Wilcoxon Signed Rank</i> dan EWMA <i>Sign</i>	37
BAB V PENUTUP.....	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Struktur Data Penelitian	13
Tabel 4.1 Uji Normalitas <i>Kolmogrov-Smirnov</i>	26
Tabel 4.2 Uji Keacakan Data (<i>Run Test</i>).....	26
Tabel 4.3 Hasil perhitungan UCL dan LCL berdasarkan nilai λ dan k	28
Tabel 4.4 Nilai ARL Nonparametrik EWMA berdasarkan λ	34
Tabel 4.5 Perbandingan Nilai ARL Bagan Kendali Nonparametrik EWMA <i>Wilcoxon Signed Rank</i> dan Bagan Kendali Nonparametrik EWMA <i>Sign</i>	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Bagan Kendali Nonparametrik EWMA *Wilcoxon Signed Rank* untuk $\lambda = 0.05$ 29

Gambar 4.2 Bagan Kendali Nonparametrik EWMA *Wilcoxon Signed Rank* untuk $\lambda = 0.3$ 30

Gambar 4.3 Bagan Kendali Nonparametrik EWMA *Wilcoxon Signed Rank* untuk $\lambda = 0.8$ 31

Gambar 4.4 Model rantai *Markov* pada bagan kendali 32

Gambar 4.5 Bagan kendali Nonparametrik EWMA *Sign* $\lambda = 0.05$ 35

Gambar 4.6 Perbandingan Visualisasi Antara Bagan Kendali Nonparametrik EWMA *Wilcoxon Signed Rank* dan Bagan Kendali Nonparametrik EWMA *Sign*..... 36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Nilai k dengan Berbagai Kombinasi (n, λ) untuk $ARL_0 \approx 370$	45
Lampiran 2. Data Pengamatan Kandungan Lemak (%) dalam Produk Pakan Tenak pada Bulan Desember 2021 hingga Januari 2022	46
Lampiran 3. Uji Normalitas <i>Kolmogrov-Smirnov</i>	47
Lampiran 4. Output Hasil Perhitungan $sign(X_{ij} - M_0)$	48
Lampiran 5. Output Hasil Perhitungan D_i dan SR_i	49
Lampiran 6. Output Hasil Perhitungan M_{ij} dan S_i	50
Lampiran 7. Bagan Kendali Nonparametrik EWMA <i>Wilcoxon Signed Rank</i> untuk $\lambda = 0.05$	51
Lampiran 8. Bagan kendali Nonparametrik EWMA <i>Wilcoxon Signed Rank</i> untuk $\lambda = 0.3$	52
Lampiran 9. Bagan kendali Nonparametrik EWMA <i>Wilcoxon Signed Rank</i> untuk $\lambda = 0.8$	53
Lampiran 10. Bagan kendali Nonparametrik EWMA <i>Sign</i> untuk $\lambda = 0.05$	54
Lampiran 11. <i>Syntax</i> menghitung ARL Nonparametrik EWMA <i>Wilcoxon Signed Rank</i>	55

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses produksi yang berpusat pada kualitas akan menghasilkan suatu produk yang tidak mengalami kerusakan. Oleh karena itu, perusahaan dapat memproduksi produk yang memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan dan dapat memenuhi harapan para konsumen. Pengendalian kualitas statistik dapat membantu perusahaan dalam mengidentifikasi perubahan dalam proses produksi dan memungkinkan untuk mengambil tindakan perbaikan dalam masalah tersebut. *Statistical Proses Control* (SPC) merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan untuk memantau, mengontrol, dan menganalisis proses produksi mulai dari penerimaan bahan baku hingga sampai ke tangan konsumen dengan menggunakan metode-metode statistik Raza dkk., (2020). Salah satu alat bantu yang dapat digunakan untuk mendukung analisis dan pengambilan keputusan adalah bagan kendali (Damayanti dkk., 2022).

Bagan kendali digunakan untuk memantau suatu proses produk yang berada pada pengendalian kualitas secara statistika, sehingga dapat menghasilkan perbaikan kualitas (Hendrawan dkk., 2020). Bagan kendali dapat mendeteksi sinyal *out of control* saat terjadi pergeseran rata-rata dari pusat distribusi pengamatan hingga melebihi batas kendali (Amin dkk., 2014). Bagan kendali yang pertama kali digunakan untuk memantau rata-rata proses adalah bagan kendali \bar{X} yang diperkenalkan oleh Walter A. Shewhart pada tahun 1920. Menurut Montgomery (2009) kelemahan pada bagan kendali \bar{X} adalah mengabaikan informasi yang diberikan oleh barisan titik-titik itu, sehingga bagan kendali \bar{X} kurang sensitif dalam mendeteksi pergeseran proses yang relatif kecil (Abbasi, 2010). Oleh karena itu, dikembangkan bagan kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) yang efektif digunakan untuk mendeteksi atau memantau perubahan kecil pada rata-rata proses (Wijayanti dan Helmi, 2020). Bagan kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) menggunakan informasi dari data sampel sebelumnya sehingga mampu lebih cepat mendeteksi sinyal *out of control* dibandingkan dengan bagan kendali \bar{X} (Khan dkk., 2020). Pada umumnya bagan kendali EWMA mengasumsikan datanya berdistribusi

normal. Namun, tidak semua data selalu berdistribusi normal. Oleh karena itu, dikembangkan alternatif sebuah bagan kendali dengan pendekatan nonparametrik EWMA (Ali dkk., 2020).

Bagan kendali EWMA dengan pendekatan nonparametrik diperkenalkan oleh Yang dkk., (2011) untuk memantau pergeseran rata-rata proses yang relatif kecil pada data yang tidak berdistribusi normal dengan menggunakan pendekatan nonparametrik. Amin dan Searcy (1991) mengatakan bahwa metode tersebut tepat untuk mengawasi produksi ketika distribusi yang mendasarinya tidak berdistribusi normal. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ainun (2022) yang menggunakan bagan kendali EWMA dengan pendekatan nonparametrik dengan metode nonparametrik EWMA *Sign*. Sedangkan, menurut Graham dkk., (2011) menyatakan bahwa bagan kendali nonparametrik EWMA *Signed-Rank* bekerja lebih efektif untuk digunakan dalam memantau rata-rata proses yang relatif kecil. Abid (2017) juga menyatakan bahwa bagan kendali nonparametrik EWMA *Wilcoxon Signed-Rank* lebih efisien dan sensitif dalam memantau perubahan *mean* atau rata-rata proses yang relatif kecil ketika asumsi data tidak berdistribusi normal.

PT. Japfa Comfeed Indonesi Tbk. Unit Makassar merupakan perusahaan *agri-food* yang terintegrasi di Indonesia. Perusahaan ini bergerak dalam bidang industri pakan ternak. Pakan ternak merupakan hal yang penting dalam usaha peternakan, bahkan dapat dikatakan bahwa keberhasilan suatu peternakan tergantung pada manajemen pakan. Pakan ternak yang dibuat harus memiliki komposisi kandungan nutrisi yang lengkap. Salah satu komponen nutrisi yang memiliki sumber energi tinggi dalam pakan ternak adalah lemak. Lemak menjadi bahan baku yang dicampur dalam pakan ternak karena mampu meningkatkan kandungan energi pakan. Namun, kandungan persentase lemak dalam pakan ternak harus selalu terkontrol karena jika berlebihan akan mengakibatkan diare pada ternak. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengawasan yang ketat terhadap tingkat kandungan lemak yang terkandung dalam produk pakan ternak agar kualitas yang dihasilkan bisa tetap terjaga sehingga mampu memberikan kepuasan terhadap konsumen.

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik mengkaji mengenai bagan kendali nonparametrik EWMA *Wilcoxon Signed-Rank* dalam memantau proses produksi yang akan diaplikasikan pada data pakan ternak di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Makassar. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini penulis ingin mengangkat judul **“Bagan Kendali Menggunakan Nonparametrik *Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) Wilcoxon Signed-Rank*”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, adapun rumusan masalah yang akan dikaji adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan batas kendali dari bagan kendali nonparametrik *Exponentially Weighted Moving Average Wilcoxon Signed-Rank*?
2. Bagaimana mengaplikasikan bagan kendali nonparametrik *Exponentially Weighted Moving Average Wilcoxon Signed-Rank* pada data kandungan lemak yang terdapat dalam produk pakan ternak di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Makassar?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mendapatkan batas bagan kendali nonparametrik *Exponentially Weighted Moving Average Wilcoxon Signed-Rank*.
2. Mengaplikasikan bagan kendali nonparametrik *Exponentially Weighted Moving Average Wilcoxon Signed-Rank* pada data kandungan lemak yang terdapat dalam produk pakan ternak di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Makassar.

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian kali ini, penulis membatasi permasalahan yaitu, sebagai berikut:

1. Data yang digunakan merupakan data pengamatan kandungan lemak yang terdapat dalam produk pakan ternak di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk unit Makassar pada bulan Desember 2021 hingga Januari 2022

2. Nilai ARL yang digunakan $ARL = 370$ dengan menggunakan pendekatan rantai *markov*
3. Ukuran setiap sampel sama dan $n = 10$
4. Nilai parameter pembobot λ yang digunakan pada penelitian ini adalah $\lambda = 0.05$, $\lambda = 0.3$, dan $\lambda = 0.8$

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menambah wawasan ilmu pengetahuan mengenai pengendalian kualitas statistik (*statistical proses control*) khususnya mengenai bagan kendali nonparametrik EWMA *Wilcoxon Signed-Rank*.
2. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi referensi, masukan dan saran kepada pihak perusahaan dalam menentukan strategi pengendalian kualitas produksi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas merupakan suatu sistem yang digunakan untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan. Pengendalian kualitas statistik merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan sebagai permonitor, pengendali, penganalisis dan memperbaiki proses dengan menggunakan metode-metode statistik (Nuraviva dkk., 2018). Menurut Montgomery (2009), pada pengendalian kualitas statistika terdapat tujuh alat dalam pengendalian proses, yaitu;

1. Histogram
2. Lembar pemeriksaan (*check sheet*)
3. Diagram Pareto (*pareto chart*)
4. Diagram fishbone (*cause-end-effect diagram*)
5. Stratifikasi (*stratification*)
6. Diagram pencar (*scatter diagram*)
7. Diagram kendali (*control chart*)

Dari ketujuh alat pengendalian kualitas diatas yang sering digunakan dan banyak mengalami perkembangan adalah bagan kendali.

2.2 Bagan Kendali

Bagan kendali atau *control chart* digunakan untuk memantau atau mengendalikan suatu proses berada dalam pengendalian kualitas secara statistika atau tidak. Sehingga, dapat memecahkan masalah dan menghasilkan perbaikan kualitas (Nurkomara, 2016). Bentuk umum dari bagan kendali pada persamaan (2.1), (2.2) dan (2.3) sebagai berikut (Sagara dan Umam, 2019):

$$UCL = \mu + K\sigma \quad (2.1)$$

$$CL = \mu \quad (2.2)$$

$$LCL = \mu - K\sigma \quad (2.3)$$

dengan μ dan σ masing-masing adalah rata-rata dan standar deviasi dari statistik mutu yang digunakan. Sedangkan K adalah parameter batas kendali.

2.3 Uji Asumsi

Uji asumsi adalah suatu proses untuk menguji asumsi yang mendasari suatu analisis atau model statistik telah terpenuhi atau tidak. Tujuan dari uji asumsi adalah untuk memastikan bahwa data yang akan dianalisis memenuhi asumsi yang diperlukan oleh teknik statistik tertentu yang akan digunakan (Ainun, 2022). Adapun uji asumsi pada bagan kendali terdiri dari uji normalitas dan uji keacakan data (*run test*).

2.3.1 Uji Normalitas

Uji normalitas adalah sebuah uji yang dilakukan dengan tujuan untuk menilai sebaran data pada sebuah kelompok data atau variabel tersebut berdistribusi normal atau tidak (Fahmeyzan dkk., 2018). Salah satu uji normalitas yang dapat digunakan adalah uji *Kolmogrov-Smirnov*. Statistika uji pada persamaan (2.4) dan (2.5) adalah sebagai berikut (Nuraviva dkk., 2018):

Hipotesis:

H_0 : data berdistribusi normal

H_1 : data tidak berdistribusi normal

Statistika uji:

$$D_{hitung} = \max |F_s(x) - F_t(x)| \quad (2.4)$$

$$F_s(x) = \frac{f_{kum}}{n} \quad (2.5)$$

dengan:

$F_s(x)$: distribusi frekuensi kumulatif dari data

$F_t(x)$: probabilitas kumulatif distribusi normal untuk setiap nilai yang diamati

D_{hitung} : deviasi maksimum

f_{kum} : frekuensi kumulatif ke- i

n : jumlah data

Taraf Signifikansi:

$\alpha = 0,05$

Kriteria Pengujian:

Jika nilai $D_{hitung} < D_{\alpha,n}$ (nilai $\alpha = 0,05$), maka H_0 diterima yang berarti bahwa sebaran data telah berdistribusi normal. Sebaliknya, jika nilai $D_{hitung} > D_{\alpha,n}$ (nilai $\alpha = 0,05$), maka tidak cukup bukti untuk menerima H_0 yang berarti bahwa data yang digunakan tidak berdistribusi normal.

2.3.2 Uji Keacakan Data

Uji keacakan data (*run test*) digunakan untuk menguji data pengamatan merupakan distribusi acak atau tidak (Sujarweni & Endrayanto, 2012). Adapun uji hipotesis untuk uji keacakan (*run test*) yaitu:

Hipotesis:

H_0 : data bersifat acak

H_1 : data tidak bersifat acak

Statistika uji:

$$Z_{hitung} = \frac{r - \mu_r}{\sigma_r} \quad (2.6)$$

dengan r berdistribusi normal dengan nilai rata-rata (μ_r) dan standar deviasi (σ_r) diperoleh dari perhitungan berikut:

$$\mu_r = \frac{2n_1n_2}{n_1n_2} \quad (2.7)$$

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)}} \quad (2.8)$$

dengan:

n_1 : jumlah data bertanda (+)

n_2 : jumlah data bertanda (-)

r : jumlah *run*

Taraf Signifikansi:

$\alpha = 0,05$

Kriteria uji:

H_0 diterima jika $-\frac{Z_\alpha}{2} < Z_{hitung} < \frac{Z_\alpha}{2}$

H_0 ditolak jika nilai $Z_{hitung} < -\frac{Z_\alpha}{2}$ atau $Z_{hitung} > \frac{Z_\alpha}{2}$

2.4 Bagan Kendali *Exponentially Weighted Moving Average*

Bagan kendali EWMA (*Exponentially Weighted Moving Average*) pertama kali dikenalkan oleh S.W Roberts pada tahun 1959. Bagan kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) adalah jenis bagan kendali yang mampu mengontrol data variabel yang bersifat kuantitatif dan kontinu serta digunakan untuk mendeteksi adanya pergeseran dalam rata-rata (Hamsah dkk., 2019). Untuk menentukan rata-rata bergerak dari bagan kendali EWMA digunakan persamaan (2.9) sebagai berikut (Montgomery, 2009):

$$Z_i = \lambda X_i + (1 - \lambda)Z_{i-1} \quad (2.9)$$

dengan:

Z_i : rata-rata bergerak EWMA pada sampel ke- i ($i = 1, 2, 3, \dots, m$)

λ : parameter pembobot dengan nilai $0 < \lambda < 1$

X_i : nilai pengamatan pada waktu ke- i

Batas pengendali pada bagan kendali EWMA pada persamaan (2.10), (2.11) dan (2.12) sebagai berikut:

$$UCL = \mu_0 + K\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} [1 - (1 - \lambda)^{2i}]} \quad (2.10)$$

$$CL = \mu_0 \quad (2.11)$$

$$LCL = \mu_0 - K\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} [1 - (1 - \lambda)^{2i}]} \quad (2.12)$$

dengan:

$$\mu_0 : \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{X}_i}{m}$$

σ : standar deviasi

K : parameter batas kendali

CL : *Center Line* EWMA

UCL : *Upper Control Limit*

LCL : *Lower Control Limit*

λ : parameter pembobot dengan nilai $0 < \lambda < 1$

2.5 Wilcoxon Signed-Rank Test Statistika

Wilcoxon Signed-Rank test yang diperkenalkan oleh Frank Wilcoxon pada tahun 1945 adalah prosedur uji nonparametrik yang digunakan untuk menganalisis data pasangan yang sesuai atau untuk masalah satu sampel.

Misalkan D_i merupakan perbedaan absolut dari masing-masing sampel yang berukuran n dan M_0 adalah nilai median dari seluruh sampel dengan statistik yang didefinisikan pada persamaan (2.13) sebagai berikut (Gibbons dan Chakraborti, 2014):

$$D_i = X_i - M_0 \quad (2.13)$$

D_i merupakan hasil dari proses deviasi antara data pada sampel X_i dengan nilai median seluruh sampel M_0 . Nilai harapan dari jumlah peringkat perbedaan positif (R^+) sama dengan nilai harapan dari jumlah peringkat perbedaan negatif (R^-). Karena jumlah dari semua peringkat adalah konstan, sehingga dapat dituliskan pada persamaan (2.14) sebagai berikut:

$$(R^+) + (R^-) = \sum_{j=1}^n j = \frac{n(n+1)}{2} \quad (2.14)$$

Rumus untuk mencari rata-rata pada *Wilcoxon Signed-Rank* test, pada persamaan (2.15) sebagai berikut:

$$E(R^+) = \frac{n(n+1)}{4} \quad (2.15)$$

2.6 Bagan kendali Nonparametrik *Exponentially Weighted Moving Average Signed-Rank*

Bagan kendali nonparametrik EWMA *Wilcoxon Signed-Rank* merupakan bagan kendali yang digunakan untuk mendeteksi perubahan rata-rata proses relatif kecil (Graham dkk., 2011). Misalkan X_{ij} , $i = 1, 2, 3, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n$, dengan X_{ij} merupakan variabel yang menunjukkan pengamatan ke- j pada sub kelompok ke- i dengan ukuran $n > 1$. Misalkan R_{ij}^+ menyatakan peringkat dari nilai absolut yaitu selisih dari pasangan pengamatan $|X_{ij} - M_0|$, $j = 1, 2, \dots, n$, dalam sampel ke- i . Didefinisikan pada persamaan (2.16) sebagai berikut:

$$SR_i = \sum_{j=1}^n \text{sign}(X_{ij} - M_0) R_{ij}^+ \quad (2.16)$$

dengan

$$\text{sign}(X_{ij} - M_0) = \begin{cases} -1, & \text{jika } X_{ij} < M_0 \\ 0, & \text{jika } X_{ij} = M_0 \\ 1, & \text{jika } X_{ij} > M_0 \end{cases}$$

Misalkan SR_i merupakan variabel acak yang menyatakan jumlah dari nilai absolut dengan perbedaan positif dan negatif. Secara umum statistika SR_i yang disajikan pada (2.16) dapat dinyatakan pada persamaan (2.17) sebagai berikut:

$$SR_i = 2R^+ - \frac{n(n+1)}{2} \quad (2.17)$$

dengan R^+ adalah jumlah dari peringkat bertanda positif. Bagan kendali nonparametrik EWMA *signed-rank* dibuat dengan mengakumulasikan statistik SR_1, SR_2, SR_3, \dots sub kelompok yang berurutan. Rumus untuk menentukan titik plot nonparametrik EWMA *Signed-Rank* dengan menggunakan persamaan (2.18) sebagai berikut:

$$Z_i = \lambda(SR_i) + (1 - \lambda)Z_{i-1} \quad (2.18)$$

dengan:

Z_i : nilai titik plot nonparametrik EWMA *Signed-Rank* pada sampel ke- i

λ : parameter pembobot ($0 < \lambda < 1$)

Z_{i-1} : nilai titik plot nonparametrik EWMA *Signed-Rank* pada sampel sebelumnya ($i - 1$)

dengan nilai $Z_0 = E(SR_i)$ adalah rata-rata SR_i . Untuk menghitung batas kontrol dari bagan kendali EWMA *Signed-Rank* diperlukan nilai ekspektasi dan nilai variansi, sehingga diperoleh persamaan (2.19) dan (2.20) sebagai berikut:

$$E(SR_i) = 0 \quad (2.19)$$

$$Var(SR_i) = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \quad (2.20)$$

Batas kendali dari bagan kendali nonparametrik EWMA *signed-rank* dapat dinyatakan pada persamaan (2.21), (2.22) dan (2.23) sebagai berikut:

$$UCL = +K \sqrt{\left(\frac{n(n+1)(2n+1)}{6}\right) \left(\frac{\lambda}{2-\lambda} (1 - (1 - \lambda)^{2i})\right)} \quad (2.21)$$

$$CL = 0 \quad (2.22)$$

$$LCL = -K \sqrt{\left(\frac{n(n+1)(2n+1)}{6}\right) \left(\frac{\lambda}{2-\lambda} (1 - (1 - \lambda)^{2i})\right)} \quad (2.23)$$

dengan:

λ : parameter pembobot

K : parameter batas kendali

Nilai K dapat ditentukan berdasarkan jumlah sampel (n) dan parameter pembobot (λ) yang digunakan berdasarkan rekomendasi dari Yang dkk., (2011) dibawah kondisi $ARL \approx 370$.

2.7 Average Run Length Bagan Kendali Nonparametrik Exponentially Weighted Moving Average Signed-Rank

Average Run Length (ARL) merupakan rata-rata banyaknya titik sampel yang digambarkan sebelum satu titik menunjukkan keadaan tidak terkendali. ARL terbagi menjadi 2 yaitu ARL_0 (ARL *in control*) dan ARL_1 (ARL *out of control*) dengan menggunakan persamaan (2.24) dan (2.25) sebagai berikut:

$$ARL_0 = \frac{1}{p(\text{tolak } H_0 | H_0 \text{ benar})} = \frac{1}{\alpha} \quad (2.24)$$

$$ARL_1 = \frac{1}{1-p(\text{terima } H_0 | H_0 \text{ salah})} = \frac{1}{1-\beta} \quad (2.25)$$

H_0 merupakan proses dalam kondisi terkendali (*in control*) dengan nilai α merupakan probabilitas kesalahan tipe I, yaitu menyatakan proses dalam keadaan tidak terkendali (*out of control*) namun kenyataannya proses dalam keadaan terkendali (*in control*). Sedangkan β adalah probabilitas kesalahan tipe II, yaitu menyatakan proses dalam keadaan terkendali (*in control*) padahal proses dalam keadaan tidak terkendali (*out of control*). Maka ARL_0 merupakan banyaknya titik sampel yang digambarkan sebelum titik menunjukkan keadaan tidak terkendali (*out of control*) pada saat proses dalam kondisi terkendali (*in control*). Sedangkan ARL_1 dapat diartikan sebagai rata-rata titik pengamatan yang diplot sampai ditemukannya pengamatan yang tidak terkendali (*out of control*) (Ainun, 2022).

Nilai ARL_0 yang digunakan serupa dengan pendekatan yang digunakan oleh bagan kendali nonparametrik EWMA *Sign* yaitu, dengan berdasarkan rekomendasi dari Yang dkk., (2011) dibawah kondisi $ARL \approx 370$, dengan menggunakan pendekatan rantai Markov. Adapun algoritmanya adalah dengan menggunakan persamaan (2.26) sebagai berikut (Herdiani dkk., 2018): sebagai berikut :

$$ARL = (\mathbf{Q}^t \times \mathbf{1})^t (\mathbf{I} - \mathbf{Q})^{-1} \mathbf{1} \quad (2.26)$$

dengan:

Q : matriks peluang transisi

I : matriks identitas

2.8 PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Makassar

PT. Japfa Comfeed Indonesia merupakan salah satu perusahaan *agri-food* terbesar dan terkemuka di tanah air dengan penghasilan protein hewani berkualitas dan terpercaya yang dengan setia melayani kebutuhan serta menjadi kebanggaan Indonesia sejak tahun 1975. PT. Japfa Comfeed Indonesia memiliki beberapa unit di Indonesia salah satunya terletak di Sula wesi Selatan di kota Makassar. PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Makassar merupakan produksi pakan ternak, peternakan ayam, serta pengolahan makanan. Unit Makassar berperan dalam menyediakan pakan berkualitas tinggi untuk industri peternakan wilayah Makassar. Untuk menyediakan pakan yang berkualitas tinggi diperlukan komposisi dengan kandungan nutrisi yang lengkap. Salah satu komponen nutrisi yang lengkap dalam pakan ternak yaitu lemak. Lemak memiliki sumber energi yang tinggi dalam pakan ternak sehingga dapat meningkatkan kandungan energi pada pakan. Pengawasan terhadap tingkat kandungan lemak sangat perlu dilakukan untuk meningkatkan kandungan lemak yang terkandung dalam produk pakan ternak sehingga akan menghasilkan kualitas yang tetap terjaga agar mampu memberikan kepuasan terhadap konsumen.