

**PENGGUNAAN PETA KENDALI *EXTENDED*
EXPONENTIALLY WEIGHTED MOVING AVERAGE PADA
DATA PRODUKSI PIPA BESI PT. PACIFIC ANGKASA ABADI**

SKRIPSI



FEBI MARZETA

H051201072

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

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024

**PENGUNAAN PETA KENDALI *EXTENDED*
EXPONENTIALLY WEIGHTED MOVING AVERAGE PADA
DATA PRODUKSI PIPA BESI PT. PACIFIC ANGKASA ABADI**



SKRIPSI

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

FEBI MARZETA

H051201072

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

MAKASSAR

JUNI 2024

LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN

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

PETA KENDALI *EXTENDED EXPONENTIALLY WEIGHTED MOVING AVERAGE* PADA DATA PRODUKSI PIPA BESI PT. PACIFIC ANGKASA ABADI

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

Makassar, 6 Juni 2024



Febi Marzeta

NIM H051201072

**PETA KENDALI *EXTENDED EXPONENTIALLY WEIGHTED
MOVING AVERAGE* PADA DATA PRODUKSI PIPA BESI PT.
PACIFIC ANGKASA ABADI**

Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama



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

NIP. 197504292000032001

Ketua Program Studi



Dr. Anna Islamyati, S.Si., M.Si.

NIP. 197708082005012002

Pada 6 Juni 2024

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Febi Marzeta
NIM : H051201072
Program Studi : Statistika
Judul Skripsi : Penggunaan Peta Kendali *Extended Exponentially Weighted Moving Average* Pada Data Produksi Pipa Besi PT. Pacific Angkasa Abadi

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Statistika 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. Anggota : Sitti Sahriman, S.Si., M.Si. (.....)
3. Anggota : Dra. Nasrah Sirajang, M.Si. (.....)

Ditetapkan di : Makassar
Tanggal : 6 Juni 2024

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 “**Penggunaan Peta Kendali *Extended Exponentially Weighted Moving Average* Pada Data Produksi Pipa Besi PT. Pacific Angkasa Abadi**” 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 **Zetber Kendek** dan Ibunda **Margaretha Paserong** atas kasih sayang, pengorbanan, kesabaran hati, dukungan penuh serta doa yang selalu dipanjatkan demi kelancaran setiap langkah dalam hidup penulis.
2. Terima kasih kepada Kakak-kakak tersayang **Noviyanti, Jovi Arta** dan **Zintia Giofani** 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 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 **Ibu Sitti Sahrinan Salam, 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.
8. Terima kasih kepada **Ibu Sitti Sahrinan Salam, 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, **Arlinka P Patabang** dan **Winda Masuru** 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, **Agnes, Cika, Nia, Violin** yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis, memberikan semangat, memberikan doa dan menghibur penulis.
11. Terima kasih kepada teman-teman lainnya, **Alya Anastia, Ghefira Nabilah, Annastasya Philemon, Sheryl Patricia Angely, Winda Nur Ismi** dan **Novelia Bunga Patasik** yang telah menjadi sahabat terbaik serta senantiasa memberikan semangat, memberikan doa, mendengarkan segala

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, **Ghea Natasya, Cindy Gracelia, Anastasya Pratiwi dan Indrian Sibi** yang senantiasa memberi semangat dan menemani perjuangan pendidikan penulis.

13. Terima kasih kepada juga kepada teman seperjuangan **Mifta, Ara, Azal, Uci, Ira, Ayu** 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 2020 **Isti Amaliah Sabrina, Nur Nahdia Astuti dan Salsabila Rahmadhani** 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 2020**. 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 **POISSON**. 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.

17. 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, 6 Juni 2024



Febi Marzeta

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

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

Nama : Febi Marzeta
NIM : H051201072
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 Peta Kendali *Extended Exponentially Weighted Moving Average*
Pada Data Produksi Pipa Besi PT. Pacific Angkasa Abadi”**

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 6 Juni 2024.

Yang menyatakan,

(Febi Marzeta)

ABSTRAK

Peta kendali adalah salah satu alat pengendalian kualitas secara statistik yang digunakan untuk membantu dalam menentukan apakah suatu proses berjalan stabil dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan atau apakah ada variasi yang memerlukan tindakan korektif. Berdasarkan karakteristik kualitasnya, peta kendali terbagi menjadi peta kendali variabel dan atribut. Metode *Extended Exponentially Weighted Moving Average* digunakan untuk mendeteksi adanya pergeseran kecil dalam proses produksi. Adapun variabel pada penelitian ini yaitu panjang pipa hitam kotak 50×50 mm dengan setiap pengamatan menggunakan 4 sampel yang diproduksi oleh PT. Pacific Angkasa Abadi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan batas kendali dan kinerja peta kendali *Extended Exponentially Weighted Moving Average*. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa pengendalian kualitas rata-rata produksi panjang pipa hitam kotak menggunakan peta kendali *Extended Exponentially Weighted Moving Average* dengan parameter pembobot yang telah dioptimalkan yaitu $\lambda_1 = 0.3$ dan $\lambda_2 = 0.1$ menghasilkan nilai *out of control* 131 sedangkan peta kendali EWMA sebesar 66 menunjukkan bahwa peta kendali EEWMA lebih baik digunakan dibandingkan peta kendali EWMA.

Kata Kunci: Peta Kendali, *Exponentially Weighted Moving Average*, *Extended Exponentially Weighted Moving Average*.

ABSTRACT

A control chart is one of the statistical quality control tools used to help determine whether a process is operating stably and in accordance with established standards or if there are variations that require corrective actions. Based on the quality characteristics, control charts are divided into variable control charts and attribute control charts. The Extended Exponentially Weighted Moving Average method is used to detect small shifts in the production process. The variable in this study is the length of 50×50 mm black square pipes, with each observation using 4 samples produced by PT. Pacific Angkasa Abadi. The aim of this study is to obtain control limits and evaluate the performance of the Extended Exponentially Weighted Moving Average control chart. The results of the study indicate that quality control of the average production length of black square pipes using the Extended Exponentially Weighted Moving Average control chart with optimized weighting parameters $\lambda_1 = 0.3$ and $\lambda_2 = 0.1$ produced 131 out-of-control values, whereas the EWMA control chart produced 66. This demonstrates that the EEWMA control chart is better suited for use compared to the EWMA control chart, as it is able to detect more anomalies or variations that require corrective actions.

Keywords: *Control Chart, Exponentially Weighted Moving Average, Extended Exponentially Weighted Moving Average.*

DAFTAR PUSTAKA

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
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.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengendalian Kualitas	5
2.2 Peta Kendali	5
2.3 Peta Kendali Exponentially Weighted Moving Average	6
2.4 Peta Kendali <i>Extended Exponentially Weighted Moving Average</i>	8
2.5 Uji Normalitas	10
2.6 PT. Pacific Angkasa Abadi	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Sumber Data.....	12
3.2 Variabel Penelitian.....	12
3.3 Tahapan Analisis Data	12
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Penentuan Batas Kendali <i>Extended Exponentially Weighted Moving Average</i>	14
4.2 Studi Kasus Data Produksi Pipa Besi PT. Pacific Angkasa Abadi	18
4.2.1 Uji Normalitas Data.....	18
4.2.2 Peta Kendali <i>Extended Exponentially Weighted Moving Average</i>	18
4.2.2.1 Fase I.....	18
4.2.2.2 Fase II.....	23

4.2.3	Peta Kendali <i>Exponentially Weighted Moving Average</i>	24
4.2.3.1	Fase I.....	24
4.2.3.2	Fase II.....	28
4.3	Perbandingan Visualisasi Peta Kendali <i>Extended Exponentially Weight Moving Average</i> dengan Peta Kendali <i>Exponentially Weight Moving Average</i>	29
BAB V PENUTUP		33
5.1	Kesimpulan	33
5.2	Saran	34
DAFTAR PUSTAKA.....		35

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Uji <i>Kolmogorov-Smirnov</i>	19
Tabel 4.2 Jumlah <i>Out Of Control</i> Berdasarkan λ Berubah, λ_2 Tetap dan λ_1 Berubah.....	31
Tabel 4.3 Jumlah <i>Out Of Control</i> Berdasarkan Peta Kendali λ Tetap, λ_2 Tetap dan λ_1 Berubah.....	32
Tabel 4.4 Jumlah <i>Out Of Control</i> Peta Kendali Berdasarkan Peta Kendali λ Tetap, λ_2 Berubah dan λ_1 Tetap.....	32
Tabel 4.5 Jumlah <i>Out Of Control</i> Peta Kendali Berdasarkan Peta Kendali λ Berubah, λ_2 Tetap dan λ_1 Tetap.....	33
Tabel 4.6 Perbandingan Jumlah <i>Out Of Control</i> pada Peta Kendali EWMA dan EEWMA berdasarkan lamda.....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1 Peta Kendali EEWMA 70 Data untuk $\lambda_1=0.3$; $\lambda_2=0.1$ 22
Gambar 4. 2 Peta Kendali EEWMA 64 Data untuk $\lambda_1=0.3$; $\lambda_2 =0.1$ 23
Gambar 4. 3 Peta Kendali EEWMA 30 Data untuk $\lambda_1=0.3$; $\lambda_2 =0.1$ 25
Gambar 4. 4 Peta Kendali EWMA 70 Data untuk $\lambda=0.7$ 28
Gambar 4. 5 Peta Kendali EWMA 30 Data untuk $\lambda =0.7$30
Gambar 4. 6 Perbandingan Peta Kendali EEWMA dan EWMA31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data produksi panjang pipa besi PT.Pacific Angkasa Abadi 4 sampel pada masing-masing pengamatan yang dilakukan setiap 3 menit sekali periode 13 Oktober 2016.....	41
Lampiran 2. Data Fase I Peta Kendali EEWMA dan EWMA	45
Lampiran 3. Data Fase II Peta Kendal EEWMA dan EWMA	48
Lampiran 4. Tabel Nilai Kritis Uji Kolmogorov-Smirnov	50
Lampiran 5. Nilai UCL dan LCL Peta Kendali EEWMA $\lambda_1 = 0.3$; $\lambda_2 = 0.1$ untuk 70 Data (Fase I)	52
Lampiran 6. Nilai UCL dan LCL Peta Kendali EEWMA $\lambda_1 = 0.3$; $\lambda_2 = 0.1$ untuk 64 Data (Fase I)	55
Lampiran 7. Nilai UCL dan LCL Peta Kendali EWMA $\lambda = 0.7$ untuk 70 Data (Fase I).....	58
Lampiran 8. Nilai UCL dan LCL Peta Kendali EEWMA $\lambda_1 = 0.3$; $\lambda_2 = 0.1$ untuk 30 Data (Fase II).....	60
Lampiran 9. Nilai UCL dan LCL Peta Kendali EWMA $\lambda = 0.7$ untuk 30 Data (Fase II).....	62

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan yang terjadi di dunia industri telah mendorong para pemimpin industri untuk terus menghasilkan produk yang memiliki daya tahan tinggi di pasar. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pengawasan yang ketat terhadap kualitas produksi, karena kualitas produk memainkan peran kunci dalam mempengaruhi tingkat kepuasan pelanggan. Untuk menjaga mutu suatu produk, diperlukan pengendalian dan pemantauan yang cermat agar produk yang dihasilkan sesuai dengan standar kualitas yang diinginkan. Upaya untuk meningkatkan kualitas dan produktivitas merupakan tujuan utama dari *statistic process control* (Vargas dkk, 2004). Pengendalian kualitas statistika merupakan aktivitas teknik dan manajemen mengukur karakteristik kualitas dari produk atau jasa, kemudian membandingkan hasil pengukuran itu dengan spesifikasi produk yang serta mengambil tindakan peningkatan yang tepat apabila ditemukan perbedaan kinerja aktual dan standar (Arini, 2004). Pengendalian kualitas statistika digunakan untuk mengawasi proses produksi secara terus-menerus guna mengidentifikasi perubahan dalam kinerja proses. Salah satu metode SPC yang digunakan adalah peta kendali.

Peta kendali adalah salah satu alat pengendalian kualitas secara statistik yang digunakan untuk memperoleh gambaran tentang perilaku sebuah proses (Mitra, 2008). Terdapat dua macam peta kendali menurut jenis karakteristik kualitasnya, yaitu peta kendali atribut dan peta kendali variabel. Peta kendali atribut digunakan apabila karakteristik kualitas yang diamati hanya dinyatakan dengan kategori (cacat atau tidak cacat) atau bersifat kualitatif. Sedangkan peta kendali variabel digunakan apabila karakteristik kualitasnya dapat diukur (*measurable*). Pada peta kendali variabel terdapat dua ciri karakteristik mutu yaitu mean proses dan variabilitas proses (Montgomery, 2009). Peta kendali *Exponentially Weight Moving Average* (EWMA) adalah peta kendali yang digunakan untuk mengontrol mean proses.

Peta kendali EWMA pertama kali diperkenalkan oleh S.W. Roberts pada tahun 1959 untuk mendeteksi pergeseran proses yang kecil dalam suatu proses

produksi tetapi kelemahan peta kendali ini adalah kurang sensitif terhadap pergeseran rata-rata proses yang kecil sehingga membuat hasil yang diperoleh kurang tepat (Montgomery, 2005). Beberapa penelitian mengenai peta kendali EWMA telah banyak dilakukan diantaranya oleh Robert F. Engle (1982), Andrew Lo (2005), Paul P. Gomme dan Peter Rupert (2007), Hamsah dkk. (2019), dan Febrina & Fitriana (2022). Peta kendali EWMA menjelaskan bahwa data terbaru berhubungan dengan data sebelumnya. Setiap data pada peta kendali EWMA diberi bobot λ sehingga dapat memberikan hasil yang lebih baik untuk mendeteksi pergeseran kecil. Namun, statistik *plotting* EWMA hanya memberikan pembobot yang lebih besar pada data terbaru dan pembobot yang lebih kecil pada data sebelumnya sehingga bobot menurun secara eksponensial dari data terbaru ke data sebelumnya (Hunter, 1986).

Penggunaan peta kendali EWMA perlu dipertimbangkan untuk mengendalikan data agar proses produksi tetap stabil dan menghasilkan produk yang lebih berkualitas dan tentunya memberikan keuntungan baik bagi produsen maupun konsumen (Hakam, 2017). Oleh karena itu Naveed, dkk pada tahun 2018 memperkenalkan *Extended Exponentially Weighted Moving Average* (EEWMA) sebagai suatu metode statistik pengembangan dari *Exponentially Weighted Moving Average*. *Extended Exponentially Weighted Moving Average* digunakan dalam pengendalian proses dan pemantauan kualitas untuk mendeteksi perubahan atau pergeseran dalam suatu proses. Pada dasarnya, EEWMA tetap mempertahankan konsep dasar EWMA yang memberikan bobot lebih besar pada pengamatan terbaru dibandingkan dengan pengamatan sebelumnya yaitu $0 < \lambda_1 \leq 1, 0 \leq \lambda_2 < \lambda_1$ dan memperkenalkan parameter tambahan T_{i-1} untuk meningkatkan sensitivitas terhadap perubahan yang lebih halus atau perubahan bertahap dalam proses. Dengan demikian EEWMA dapat menjadi alat yang lebih efektif untuk mendeteksi pergeseran kecil atau tren dalam data, dan dapat diadaptasi dengan lebih baik untuk memenuhi kebutuhan spesifik dari suatu proses atau sistem yang sedang dimonitor.

Beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh Karoon, dkk (2022) membahas tentang memonitoring proses produksi diantaranya pada penelitian membahas

tentang evaluasi panjang jalur tepat pada peta kendali EEWMA untuk proses autoregresif. Karoon dkk, (2023) juga membahas mengenai kinerja peta kendali EEWMA untuk memantau rata-rata proses berdasarkan data yang berautokorelasi. Selain itu Naveed dkk, (2018) membahas tentang perancangan diagram kendali menggunakan statistic EEWMA.

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik mengkaji mengenai peta kendali *Extended Exponentially Weighted Moving Average* (EEWMA) dalam memantau proses produksi yang akan diaplikasikan pada data produk panjang pipa besi. Oleh karena itu pada tugas akhir ini penulis ingin mengangkat judul **“Penggunaan Peta Kendali *Extended Exponentially Weighted Moving Average* (EEWMA) Pada Data Produksi Pipa Besi PT. Pacific Angkasa Abadi”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membentuk peta kendali *Extended Exponentially Weighted Moving Average* pada data produksi pipa besi PT. Pacific Angkasa Abadi periode 13 Oktober 2016?
2. Bagaimana kinerja peta kendali *Extended Exponentially Weighted Moving Average* pada data produksi pipa besi PT. Pacific Angkasa Abadi periode 13 Oktober 2016?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini menggunakan data produksi pipa besi PT. Pacific Angkasa Abadi yang dilakukan setiap 3 menit sekali periode 13 Oktober 2016.
2. Menggunakan parameter pembobot yang telah di optimalkan diantaranya adalah $\lambda_1 = 0.3$ dan $\lambda_2 = 0.1$ serta $\lambda = 0.7$

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dalam penelitian ini yaitu

1. Mendapatkan peta kendali *Extended Exponentially Weighted Moving Average* pada data produksi pipa besi PT. Pacific Angkasa Abadi periode 13 Oktober 2016.
2. Memperoleh kinerja peta kendali *Extended Exponentially weighted Moving Average* pada data produksi pipa besi PT. Pacific Angkasa Abadi periode 13 Oktober 2016.

1.5 Manfaat Penelitian

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengendalian Kualitas

Pengendalian Kualitas mutu/kualitas dapat didefinisikan sebagai teknik dalam manajemen manufaktur atau pabrik yang akan menghasilkan atau memproduksi barang dengan mutu yang sama dapat dijelaskan bahwa barang yang dihasilkan sesuai dengan standar kualitas yang ditentukan (Passaribu, 2015). Tujuan dari digunakannya pengendalian kualitas statistika adalah untuk menjaga standar yang beragam dari kualitas hasil produksi pada tingkat biaya yang minimum, penggunaan alat produksi lebih efisien, serta mengurangi *rework* dan pembuangan (Prihatini dkk, 2018). Menurut Montgomery (2009), dalam pengendalian kualitas statistika terdapat tujuh alat yang umum digunakan untuk memantau 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), dan
7. Diagram kendali (control chart).

Dari ketujuh alat pengendalian kualitas tersebut, diagram kendali merupakan salah satu yang sering digunakan dan mengalami banyak perkembangan.

2.2 Peta Kendali

Peta kendali pertama kali ditemukan oleh Walter A. Shewart ketika sedang bekerja untuk perusahaan Western Elektrik. Shewart telah lama meneliti cara untuk mengembangkan reliabilitas dari sistem transmisi telepon. Peta kendali secara rutin digunakan untuk memeriksa kualitas, tergantung pada jumlah karakteristik yang akan diperiksa (Nurkomara, 2016). Jadi, Peta kendali adalah

teknik pengendali proses pada jalur yang digunakan secara luas untuk menyelidiki secara cepat terjadinya sebab-sebab terduga atau proses sedemikian sehingga penyelidikan terhadap proses itu dan tindakan pembetulan dapat dilakukan sebelum terlalu banyak unit yang tidak sesuai diproduksi.

2.3 Peta Kendali *Exponentially Weighted Moving Average*

Peta kendali EWMA (*Exponentially Weighted Moving Average*) pertama kali dikenalkan oleh S.W Roberts pada tahun 1959. Peta 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 berikut (Montgomery, 2009):

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

Keterangan:

Z_i : Nilai EWMA rata-rata ke-t

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

\bar{X}_i : nilai pengamatan pada waktu $ke - t = 1, 2, 3, \dots, n$

t : waktu atau subgrup 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) - Persamaan (2.5) dapat direkursi untuk Z_{t-j} dengan $j = 4, 5, \dots$ diperoleh persamaan (2.6).

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

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 diatas adanya pergerakan average yang tidak hanya terjadi untuk, namun untuk data terbaru. 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:

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

Sehingga dapat diketahui nilai variansi EWMA dapat ditulis :

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

Atau dapat juga dinyatakan dalam persamaan (2.11) berikut.

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

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

σ : standar deviasi

2.4 Peta Kendali *Extended Exponentially Weighted Moving Average*

Extended Exponentially Weighted Moving Average (EEWMA) adalah suatu metode statistik yang merupakan pengembangan dari *Exponentially*

Weighted Moving Average (EWMA). EEWMA digunakan dalam pengendalian proses dan pemantauan kualitas untuk mendeteksi perubahan atau pergeseran dalam suatu proses. Misalkan $T_1, T_2, \dots, T_i, \dots$ merupakan urutan variabel acak yang independen dan identik yang diambil dari populasi normal dengan rata-rata μ dan varians σ^2 . Maka statistik EEWMA dengan konstanta λ_1 dan λ_2 adalah:

$$Z_i = \lambda_1 \bar{X}_i - \lambda_2 \bar{X}_{i-1} + (1 - \lambda_1 + \lambda_2)Z_{i-1} \quad (2.15)$$

di mana $0 < \lambda_1 \leq 1$ dan $0 \leq \lambda_2 < \lambda_1$. Pada statistik yang diusulkan Z_i jumlah bobotnya sama dengan satu. Kuantitas T_{i-1} merepresentasikan nilai sebelumnya dari variabel dan Z_{i-1} menunjukkan nilai sebelumnya dari statistik tersebut. Nilai Z_0 dan T_0 menggunakan nilai dari rata-rata data.

dengan:

Z_i : nilai statistik EEWMA pada sampel ke- i ; $i = 1, 2, 3, \dots, n$

λ_1 & λ_2 : paramater pembobot

\bar{X}_i : nilai variabel acak mengacu pada periode waktu yang ditentukan

\bar{X}_{i-1} : nilai variabel acak periode waktu sebelumnya

Z_{i-1} : nilai statistik EEWMA pada sampel sebelumnya ($i - 1$)

Z_0 : nilai dari rata-rata data

T_0 : nilai dari rata-rata data

Untuk menghitung batas kontrol dari peta kendali EEWMA diperlukan nilai ekspektasi dan nilai variansi, sehingga diperoleh Persamaan (2.16) dan Persamaan (2.17) sebagai berikut:

$$E(Z_i) = \mu \quad (2.16)$$

$$var(Z_i) = \sigma^2 \left[(\lambda_1^2 + \lambda_2^2) \left\{ \frac{1 - (1 - \lambda_1 + \lambda_2)^{2i}}{2(\lambda_1 - \lambda_2) - (\lambda_1 - \lambda_2)^2} \right\} - 2a\lambda_1^2 + \lambda_2^2 \left\{ \frac{1 - (1 - \lambda_1 + \lambda_2)^{2i-2}}{2(\lambda_1 - \lambda_2) - (\lambda_1 - \lambda_2)^2} \right\} \right] \quad (2.17)$$

Batas kendali dari peta kendali EEWMA dapat dinyatakan pada Persamaan sebagai berikut:

$$UCL = \mu_0 + k\sigma \sqrt{\left[(\lambda_1^2 + \lambda_2^2) \left\{ \frac{1 - a^{2i}}{2(\lambda_1 - \lambda_2) - (\lambda_1 - \lambda_2)^2} \right\} - 2a\lambda_1^2 + \lambda_2^2 \left\{ \frac{1 - a^{2i-2}}{2(\lambda_1 - \lambda_2) - (\lambda_1 - \lambda_2)^2} \right\} \right]} \quad (2.19)$$

$$CL = \mu_0 \quad (2.20)$$

$$LCL = \mu_0 - k\sigma \sqrt{[(\lambda_1^2 + \lambda_2^2) \left\{ \frac{1-a^{2i}}{2(\lambda_1-\lambda_2)-(\lambda_1-\lambda_2)^2} \right\} - 2a\lambda_1^2\lambda_2^2 \left\{ \frac{1-a^{2i-2}}{2(\lambda_1-\lambda_2)-(\lambda_1-\lambda_2)^2} \right\}]} \quad (2.21)$$

dengan:

μ_0 : nilai rata – rata keseluruhan data

k : parameter batas kendali

σ : standar deviasi

a : $(1 - \lambda_1 + \lambda_2)$

2.5 Uji Normalitas

Uji normalitas adalah uji yang dilakukan untuk menilai sebaran data pada sebuah kelompok data atau variabel, dengan tujuan untuk mengetahui data tersebut berdistribusi normal atau tidak (Hakam, 2017). Uji asumsi distribusi normal yang banyak digunakan adalah uji *Kolmogorov Smirnov*. Uji ini memiliki kelebihan yaitu sederhana dan tidak menimbulkan perbedaan persepsi di antara satu pengamat dengan pengamat yang lain, yang sering terjadi pada uji normalitas dengan menggunakan grafik atau peta kendali (Pratiwi & Wibawati, 2021). Berikut merupakan uji *Kolmogorov Smirnov* (Hakam, 2017):

H_0 ; data berdistribusi normal

H_1 : data tidak berdistribusi normal

Statistik uji:

$$D_{hitung} = \max\{|F_0(x_i) - S(x_i)|\} \quad (2.22)$$

Dengan $S(x_i) = \frac{f_{kum}}{m}$

Keterangan:

D_{hitung} : deviasi maksimum

$F_0(x_i)$: fungsi peluang kumulatif yang dihipotesiskan

$S(x_i)$: fungsi peluang kumulatif yang dihitung dari sampel

f_{kum} : frekuensi kumulatif ke- i

m : jumlah sampel

Kriteria pengujian:

Jika $D_{hitung} < D_{a,m}$ dimana D merupakan deviasi maksimum dan $D_{a,m}$ merupakan nilai tabel *Kolmogorov-Smirnov* atau $P - value > 0.05$ maka H_0 diterima yang artinya data berdistribusi normal.

2.6 PT. Pacific Angkasa Abadi

PT. Pacific Angkasa Abadi adalah pipa *hollow* berkualitas dengan harga yang bersaing ke seluruh pelosok Indonesia. PT Pacific Angkasa Abadi berdiri dari tahun 2015 yang berlokasi di Gresik, Jawa Timur. Sebagian pelanggan dari PT. Pacific Angkasa Abadi adalah berbagai perusahaan *scaffolding* yang membutuhkan pipa besi dengan tingkat presisi yang tinggi. Selain itu beberapa pelanggan juga membutuhkan hal yang sama. Proses produksi akan menjadi perhatian khusus untuk menjaga kepercayaan pelanggan dan mengurangi kerugian yang akan dialami perusahaan. Proses produksi pipa besi pada PT. Pacific Angkasa Abadi terbagi menjadi beberapa tahap, mulai dari proses *slitting* sampai dengan *cutting*. Proses *cutting* diharapkan bisa memberikan hasil yang sesuai dengan ukuran yang diinginkan oleh perusahaan.

Pada produksi pipa hitam kotak 50×50 mm PT. Pacific Angkasa Abadi memiliki target panjang pipa besi sendiri yaitu 6008 mm. Namun tidak jarang pada proses *cutting* terjadi kesalahan yang disebabkan pergantian ketebalan bahan pipa yang membutuhkan mengatur lang mesin atau disebabkan oleh kerusakan mesin (Hakam, 2017).