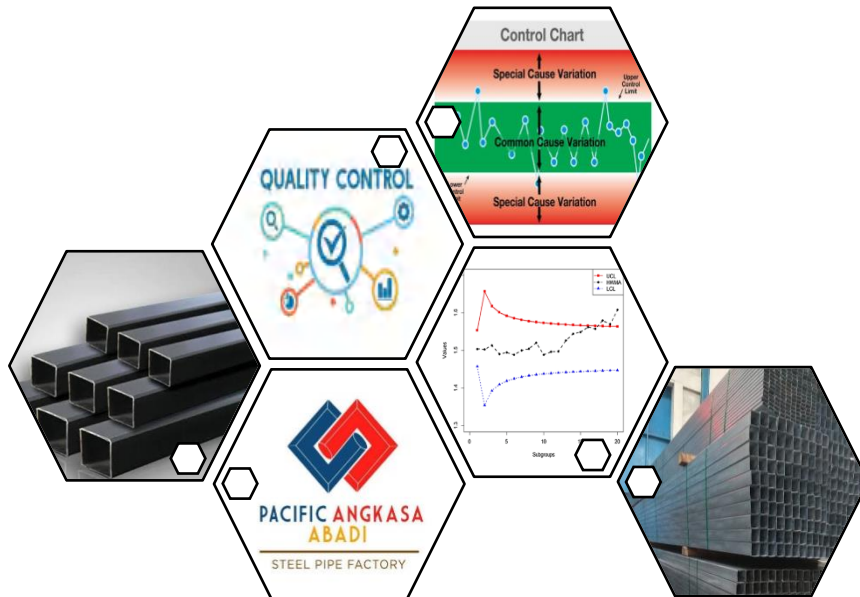


**PENGUNAAN PETA KENDALI *HOMOGENEOUSLY WEIGHTED*
MOVING AVERAGE PADA DATA PRODUKSI PIPA BESI
PT. PACIFIC ANGKASA ABADI**



**MUSTABSYIRAH
H051201044**

**PROGRAM STUDI STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**



**Optimization Software:
www.balesio.com**

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

**MUSTABSYIRAH
H051201044**



**PROGRAM STUDI STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**



**Optimization Software:
www.balesio.com**

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

MUSTABSYIRAH
H051201044

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Statistika

pada

**PROGRAM STUDI STATISTIKA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**



SKRIPSI

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

MUSTABSYIRAH

H051201044

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Statistika pada 12 Juni 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada

Program Studi Statistika
Departemen Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:
Pembimbing Tugas Akhir,



Optimization Software:
www.balesio.com

ni, S.Si., M.Si.
003 2 001



Mustabsyirah, S.Si., M.Si.
NIP. 19770808 200501 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Penggunaan Peta Kendali *Homogeneously Weighted Moving Average* pada Data Produksi Pipa Besi PT. Pacific Angkasa Abadi" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si. sebagai Pembimbing Utama. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 12 Juni 2024



MUSTABSYIRAH
NIM H051201044



Optimization Software:
www.balesio.com

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Rasulullah *Shallallahu 'Alaihi Wa Sallam* beserta keluarga dan para sahabatnya. *Alhamdulillahirobbil'alamin*, berkat nikmat kemudahan dan pertolongan yang diberikan oleh Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Penggunaan Peta Kendali *Homogeneously 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 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dorongan dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Dr. Erna Tri Herdiani S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi kepada penulis dari awal hingga selesainya skripsi ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Ibu Prof. Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si. dan Ibu Siti Sahrman, S.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan kritik dalam penyempurnaan skripsi ini. Tidak lupa pula penulis menyampaikan terima kasih kepada Rektor Universitas Hasanuddin dan seluruh jajaran Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam serta Departemen Statistika karena telah memberikan fasilitas yang sangat baik kepada penulis selama menempuh pendidikan sarjana.

Kepada kedua orang tua tercinta penulis Ibunda Humaerah dan Ayahanda Abd. Latif, penulis menyampaikan terima kasih yang setulus-tulusnya serta penghargaan yang setinggi-tingginya karena selalu berjuang dalam mengupayakan yang terbaik untuk penulis, senantiasa memberikan dukungan penuh, limpahan cinta dan kasih sayang, serta telah menemani setiap langkah penulis dengan doa dan restu mulyanya. Ucapan terima kasih juga penulis haturkan kepada saudara tersayang penulis Mukrima, Mutadayerah dan Rezkia Ramadhani serta kepada keluarga besar yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, dan doa mulia kepada penulis. Terima kasih juga kepada teman-teman Departemen Statistika Angkatan 2020 khususnya Via, Ayu, Dania, Aliyah, Nurfa, Isra, Tiwi, Dwi, dan Aliah yang senantiasa kebersamaian dan memberi dukungan satu sama lain. Terima kasih pula kepada teman-teman Posko 12 Desa Samangki yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan kepada penulis. Terakhir, terima kasih kepada Firqa yang telah menjadi sahabat yang selalu memberikan semangat dan senantiasa bersedia menjadi tempat berkeluh kesah bagi penulis.

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

Penulis,



Mustabsyirah



ABSTRAK

MUSTABSYIRAH. **Penggunaan Peta Kendali *Homogeneously Weighted Moving Average* pada Data Produksi Pipa Besi PT. Pacific Angkasa Abadi** (dibimbing oleh Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.).

Latar belakang. Peta kendali adalah alat pengendalian kualitas untuk memantau kondisi suatu proses sehingga menghasilkan perbaikan kualitas. Pada bidang industri diperlukan peta kendali yang dapat mendeteksi pergeseran *mean* proses yang kecil, salah satunya peta kendali *Homogeneously Weighted Moving Average*. Peta kendali *Homogeneously Weighted Moving Average* memberikan pembobot yang lebih besar pada data terbaru dan pembobot yang lebih kecil didistribusikan secara homogen ke semua data sebelumnya. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk membentuk peta kendali *Homogeneously Weighted Moving Average* dan memperoleh kinerja peta kendali *Homogeneously Weighted Moving Average* pada data produksi pipa besi PT. Pacific Angkasa Abadi. **Metode.** Penelitian ini menerapkan peta kendali *Homogeneously Weighted Moving Average* pada data panjang pipa besi PT. Pacific Angkasa Abadi. Analisis data terbagi dua yaitu Fase I merupakan tahap pembentukan peta kendali serta penentuan nilai pembobot optimum menggunakan 70 sampel dengan 4 pengamatan setiap sampelnya dan Fase II merupakan tahap monitoring menggunakan 30 sampel dengan 4 pengamatan setiap sampelnya. **Hasil.** Berdasarkan jumlah titik *out of control* terbanyak, pembobot optimum peta kendali *Homogeneously Weighted Moving Average* pada data produksi pipa besi PT. Pacific Angkasa Abadi adalah $\lambda = 0,09$, $\lambda = 0,10$ dan $\lambda = 0,11$. Selain itu, peta kendali *Homogeneously Weighted Moving Average* Fase I menggunakan nilai batas kendali dengan $\mu_0 = 6008$ dan $\hat{\sigma} = 2,829$ sehingga hasil monitoring Fase II menyatakan proses telah terkendali. **Kesimpulan.** Dari pembentukan peta kendali *Homogeneously Weighted Moving Average* diperoleh nilai *Average Run Length* yang menunjukkan peta kendali *Homogeneously Weighted Moving Average* untuk $\lambda = 0,09$ mempunyai kinerja yang lebih baik karena mempunyai nilai *Average Run Length* terkecil dibandingkan $\lambda = 0,10$ dan $\lambda = 0,11$.

Kata kunci: *Average Run Length*; *Homogeneously Weighted Moving Average*; peta kendali



ABSTRACT

MUSTABSYIRAH. **The Use of Homogeneously Weighted Moving Average Control Chart in Iron Pipe Production Data at PT. Pacific Angkasa Abadi** (supervised by Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.)

Background. A control chart is a quality control tool used to monitor the condition of a process to achieve quality improvement. In the industrial field, a control chart that can detect small shifts in the process mean is needed, one of which is the Homogeneously Weighted Moving Average control chart. The Homogeneously Weighted Moving Average control chart gives greater weight to the most recent data and distributes smaller weights homogeneously across all previous data. **Aim.** This research aimed to develop the Homogeneously Weighted Moving Average control chart and evaluate its performance on the production data of iron pipes at PT. Pacific Angkasa Abadi. **Method.** The research applied the Homogeneously Weighted Moving Average control chart to the iron pipe length data from PT. Pacific Angkasa Abadi. The data analysis was divided into two phases. Phase I involved the creation of the control chart and the determination of the optimal weighting values used 70 samples with 4 observations for each sample. Phase II was the monitoring phase, which used 30 samples with 4 observations for each sample. **Results.** Based on the highest number of out of control points, the optimal weighting values for the Homogeneously Weighted Moving Average control chart on the iron pipe production data of PT. Pacific Angkasa Abadi were found to be $\lambda = 0,09$, $\lambda = 0,10$ and $\lambda = 0,11$. Additionally, the Phase I control chart used control limit values with $\mu_0 = 6008$ and $\hat{\sigma} = 2,829$, resulting in Phase II monitoring indicating that the process was in control. **Conclusion.** From the development of the Homogeneously Weighted Moving Average control chart, the Average Run Length values showed that the control chart with $\lambda = 0,09$ had the best performance, as it had the smallest Average Run Length compared to $\lambda = 0,10$ and $\lambda = 0,11$.

Keywords: Average Run Length; control chart; Homogeneously Weighted Moving Average



DAFTAR ISTILAH

Istilah	Arti dan Penjelasan
Deviasi	Dalam konteks uji normalitas Kolmogorov Smirnov, deviasi merujuk pada perbedaan/selisih antara distribusi frekuensi kumulatif empiris dari sampel data dan distribusi frekuensi kumulatif teoritis yang diharapkan
Estimasi	Nilai perkiraan/pendugaan suatu parameter populasi berdasarkan data sampel
Hipotesis	Suatu dugaan sementara terkait dengan populasi dalam suatu penelitian yang kebenarannya masih perlu dibuktikan
<i>In control</i>	Kondisi jika titik-titik sampel berada di dalam daerah yang dibatasi oleh UCL dan LCL
Konvergen	Kondisi suatu proses yang mendekati atau menuju ke suatu nilai tertentu
<i>Mean</i>	Ukuran pemusatan data yang menggambarkan nilai rata-rata dari sekelompok data
<i>Mean proses</i>	Nilai rata-rata dari suatu proses produksi atau operasional yang diamati
<i>Moving average</i>	Metode statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara menghitung rata-rata dari sejumlah titik data berturut-turut di dalam deret waktu
Nonparametrik	Pendekatan yang tidak bergantung pada asumsi tertentu tentang distribusi atau bentuk parameter dari populasi yang diamati
<i>Out of control</i>	Kondisi jika titik-titik sampel berada di bawah LCL atau di atas UCL
Parameter	Nilai yang menggambarkan karakteristik atau sifat dari suatu populasi
Pembobot	Nilai yang diberikan kepada suatu data untuk mengindikasikan pentingnya atau kontribusinya dalam suatu analisis atau perhitungan tertentu
Pergeseran proses	Perubahan yang signifikan dalam nilai rata-rata dari suatu proses produksi dari nilai yang ditargetkan
Probabilitas	Peluang atau kemungkinan terjadinya suatu peristiwa
Stabilitas proses	Konsistensi atau kestabilan hasil produksi dari suatu proses dalam jangka waktu yang panjang
	Ukuran seberapa jauh titik data tersebar di sekitar nilai rata-ratanya
	Kondisi dimana proses berada dalam keadaan stabil yang ditunjukkan oleh nilai batas kendali yang konstan seiring dengan berjalannya waktu
	Rata-rata dari kuadrat deviasi setiap titik data dari nilai rata-rata.



DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/Singkatan	Arti dan Penjelasan
α	Probabilitas kesalahan (<i>error</i>) tipe I
β	Probabilitas kesalahan (<i>error</i>) tipe II
Cov	Kovarian
D_{hitung}	Nilai uji Kolmogorov Smirnov
E	Ekspektasi/nilai harapan
$F_0(x)$	Distribusi frekuensi kumulatif teoritis
H_0	Hipotesis nol
H_1	Hipotesis alternatif
H_i	Nilai statistik <i>plotting</i> peta kendali HWMA
i	Sampel $i = 1, 2, \dots, n$
j	Pengamatan $j = 1, 2, \dots, m$
k	Nilai pergeseran proses
L	Jarak batas-batas kendali dari garis tengah
λ	Pembobot
m	Banyak pengamatan
μ	Rata-rata atau <i>mean</i>
$\hat{\mu}$	Penduga bagi μ
n	Banyak sampel
Φ	Fungsi distribusi kumulatif normal standar
Pr	Probabilitas
s_i	Nilai standar deviasi setiap sampel
$S_n(x)$	Distribusi frekuensi kumulatif empiris
σ	Standar deviasi
$\hat{\sigma}$	Penduga bagi σ
σ^2	Ragam atau variansi
Var	Variansi
X_{ij}	Karakteristik kualitas yang diamati pada sampel ke- i dan pengamatan ke- j
\bar{X}_i	Rata-rata setiap sampel
$\bar{\bar{X}}_{i-1}$	Rata-rata dari rata-rata sampel sebelumnya
ARL	<i>Average Run Length</i>
CL	<i>Central Limit</i>
CUSUM	<i>Cumulative Sum</i>
EWMA	<i>Exponentially Weighted Moving Average</i>
HWMA	<i>Homogeneously Weighted Moving Average</i>
	<i>Lower Control Limit</i>
	Nilai maksimum
	<i>Mixed EWMA CUSUM</i>
	Milimeter
	<i>Statistical Process Control</i>
	<i>Upper Control Limit</i>



DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISTILAH.....	viii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Kajian Teori.....	3
1.6.1 Peta Kendali.....	3
1.6.2 Uji Normalitas.....	4
1.6.3 Peta Kendali <i>Homogeneously Weighted Moving Average</i>	4
1.6.4 <i>Average Run Length</i>	6
1.6.5 PT. Pacific Angkasa Abadi.....	7
BAB II METODE PENELITIAN	9
2.1 Sumber Data.....	9
2.2 Struktur Data.....	9
2.3 Tahapan Analisis Data.....	10
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	11
3.1 Teoritis Peta Kendali <i>Homogeneously Weighted Moving Average</i>	11
3.2 Penerapan Peta Kendali <i>Homogeneously Weighted Moving Average</i> pada Data Produksi Pipa Besi PT. Pacific Angkasa Abadi.....	16
3.2.1 Tahap Analisis Fase I.....	16
3.2.2 Tahap Analisis Fase II.....	23
3.3 Kinerja Peta Kendali <i>Homogeneously Weighted Moving Average</i> Nilai <i>Average Run Length</i>	25
3.4 KESIMPULAN DAN SARAN.....	28
3.5 DAFTAR PUSTAKA.....	28
3.6 LAMPIRAN.....	28
3.7 PENUTUP.....	29
3.8 KATA PENGANTAR.....	31



DAFTAR TABEL

Nomor Urut	Halaman
Tabel 1. Struktur Data Penelitian	9
Tabel 2. Uji Kolmogorov Smirnov Fase I	16
Tabel 3. Jumlah Out of Control Peta Kendali HWMA berdasarkan Pembobot	19
Tabel 4. Nilai ARL Peta Kendali HWMA	26



DAFTAR GAMBAR

Nomor Urut	Halaman
Gambar 1. Produk Pipa Besi Hitam Kotak PT. Pacific Angkasa Abadi.....	8
Gambar 2. Peta Kendali HWMA Fase I untuk $\lambda = 0,01$	18
Gambar 3. Peta Kendali HWMA Fase I untuk $\lambda = 0,09$	20
Gambar 4. Peta Kendali HWMA Fase I untuk $\lambda = 0,10$	20
Gambar 5. Peta Kendali HWMA Fase I untuk $\lambda = 0,11$	21
Gambar 6. Peta Kendali HWMA Fase I Revisi untuk $\lambda = 0,09$	22
Gambar 7. Peta Kendali HWMA Fase I Revisi untuk $\lambda = 0,10$	22
Gambar 8. Peta Kendali HWMA Fase I Revisi untuk $\lambda = 0,11$	23
Gambar 9. Peta Kendali HWMA Fase II untuk $\lambda = 0,09$	23
Gambar 10. Peta Kendali HWMA Fase II untuk $\lambda = 0,10$	24
Gambar 11. Peta Kendali HWMA Fase II untuk $\lambda = 0,11$	24
Gambar 12. Nilai ARL Peta Kendali HWMA	27



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Urut	Halaman
Lampiran 1. Data Panjang Produksi Pipa Besi Jenis Pipa Hitam Kotak 50x50 mm	32
Lampiran 2. Perhitungan Uji Normalitas Data Fase I.....	36
Lampiran 3. Tabel Nilai Kritis Uji Kolmogorov Smirnov.....	37
Lampiran 4. Perhitungan Jumlah Titik <i>Out of Control</i> dan <i>In Control</i> untuk Setiap Nilai Pembobot	38
Lampiran 5. Peta Kendali HWMA Fase I untuk $\lambda = 0,09$	42
Lampiran 6. Peta Kendali HWMA Fase I untuk $\lambda = 0,10$	45
Lampiran 7. Peta Kendali HWMA Fase I untuk $\lambda = 0,11$	48
Lampiran 8. Perhitungan Nilai ARL.....	51
Lampiran 9. Riwayat Hidup Peneliti	53



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mutu atau kualitas suatu produk merupakan faktor yang sangat penting dalam dunia industri. Hal ini karena kualitas produk menentukan keputusan konsumen dalam melakukan pembelian sehingga perusahaan harus memperhatikan dengan baik kualitas dari produk yang dihasilkan (Ernawati, 2019). Untuk menjaga kualitas suatu produk maka perlu dilakukan pengendalian kualitas yang dapat mengurangi kesalahan penyebab terjadinya variasi dalam proses produksi (Prihastono, 2012). Salah satu upaya dalam pengendalian kualitas dapat dilakukan menggunakan metode *Statistical Process Control* (SPC). Montgomery (2009) menjelaskan SPC berguna untuk mencapai stabilitas proses dan meningkatkan kemampuan suatu proses sehingga menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi. SPC dilakukan melalui pengumpulan dan analisis data kuantitatif selama proses produksi yang kemudian diinterpretasikan sehingga diperoleh gambaran tentang seberapa baik suatu proses dapat meningkatkan kualitas produk untuk memenuhi standar yang ditetapkan (Helena & Suryanto, 2020).

SPC terdiri atas berbagai alat yang digunakan untuk pengendalian proses secara statistik diantaranya *check sheet*, histogram, *control chart*, diagram pareto, diagram sebab akibat, diagram *scatter*, dan diagram proses. Alat yang umumnya digunakan dalam bidang industri yaitu peta kendali atau *control chart*. Hignasari (2020) menjelaskan tujuan peta kendali yaitu sebagai alat yang secara grafis digunakan untuk memonitor, mengevaluasi proses serta memastikan bahwa proses berada dalam pengendalian kualitas secara statistika atau tidak sehingga dapat memecahkan masalah dan menghasilkan perbaikan kualitas. Ajadi dkk. (2017) menjelaskan bahwa peta kendali terbagi dua berdasarkan penggunaan data historis yaitu peta kendali tanpa memori (*memory-less control chart*) dan peta kendali tipe memori (*memory-type control charts*). Peta kendali tanpa memori hanya mempertimbangkan informasi terbaru dan tidak mempertimbangkan informasi sebelumnya. Peta kendali Shewhart termasuk peta kendali tanpa memori yang berguna untuk mendeteksi pergeseran *mean* proses yang besar (Putri, 2011). Berbeda dengan peta kendali tanpa memori, peta kendali tipe memori dirancang dengan mempertimbangkan informasi sebelumnya dan informasi terbaru untuk mendeteksi pergeseran *mean* proses yang kecil. Peta kendali yang termasuk tipe memori yaitu peta kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA), *Cumulative Sum* (CUSUM), serta pengembangan kedua peta kendali tersebut.

Peta kendali EWMA pertama kali diperkenalkan oleh Roberts Tahun 1959. Penelitian mengenai peta kendali EWMA telah banyak dilakukan diantaranya oleh (1990), Hunter (1986), Crowder (1989), Koshti & Valappil (2014), Nelwati dkk. (2019), dan Febrina & Fitriana (2022). Pada peta kendali tipe memori, informasi terbaru saling berhubungan dengan data sebelumnya dimana informasi terbaru diberi pembobot sehingga kinerjanya lebih baik dibandingkan peta kendali tanpa memori. Namun, statistik *plotting* EWMA hanya memberikan pembobot yang lebih besar pada informasi terbaru dan pembobot yang lebih kecil pada data sebelumnya.



dimana nilai pembobot menurun secara eksponensial dari data terbaru ke data sebelumnya (Hunter, 1986).

Oleh karena itu, Nasir Abbas pada tahun 2018 memperkenalkan peta kendali tipe memori baru yaitu peta kendali *Homogeneously Weighted Moving Average* (HWMA) sebagai perbaikan dari peta kendali EWMA dalam pendistribusian nilai pembobot. Peta kendali HWMA termasuk peta kendali tipe memori homogen yang merupakan versi peta kendali tipe memori klasik yang disempurnakan untuk pemantauan parameter proses dengan menggunakan skema pembobotan yang dioptimalkan (Riaz dkk., 2022). Statistik pembuatan peta kendali HWMA memberikan nilai pembobot yang lebih besar pada data terbaru dan nilai pembobot yang lebih kecil didistribusikan secara homogen atau merata ke semua data sebelumnya (Abbas, 2018). Pendistribusian bobot HWMA tersebut dapat meningkatkan kemampuan kinerja peta kendali HWMA dibandingkan peta kendali lainnya dalam mendeteksi pergeseran *mean* proses (Rasheed dkk., 2021).

Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh Abbas (2018) yang membandingkan antara peta kendali HWMA, EWMA, CUSUM dan MEC (*Mixed EWMA CUSUM*). Hasil yang dilakukan oleh Abaas (2018) menunjukkan bahwa peta kendali HWMA lebih baik dalam mendeteksi pergeseran kecil dalam proses dengan nilai ARL yang lebih kecil dibandingkan peta kendali lainnya. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Riaz dkk. (2022) yang membandingkan peta kendali EWMA dan HWMA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peta kendali HWMA lebih unggul daripada peta kendali EWMA berdasarkan nilai ARL.

PT. Pacific Angkasa Abadi adalah perusahaan yang memproduksi pipa besi yang berlokasi di Gresik, Jawa Timur. Salah satu pipa besi yang diproduksi oleh PT. Pacific Angkasa Abadi yaitu jenis pipa hitam kotak 50×50 mm dengan target panjang 6008 mm. Pipa besi yang diproduksi tersebut memerlukan tingkat presisi yang tinggi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan, misalnya panjang pipa besi yang diharapkan memberikan hasil sesuai dengan ukuran yang diinginkan perusahaan. Namun, proses pemotongan pipa besi rentan akan terjadinya kesalahan yang bisa disebabkan oleh pengaturan mesin ataupun kerusakan pada mesin. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengawasan dan monitoring atau pengendalian terhadap panjang pipa besi yang diproduksi oleh PT. Pacific Angkasa Abadi untuk menjaga kualitas produk dan kepercayaan konsumen.

Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini penulis mengkaji mengenai peta kendali *Homogeneously Weighted Moving Average* untuk mendeteksi pergeseran *mean* proses pada data produksi pipa besi PT. Pacific Angkasa Abadi yang dituliskan dalam sebuah tugas akhir dengan judul "**Penggunaan Peta Kendali *Homogeneously Weighted Moving Average* pada Data Produksi Pipa Besi PT. Pacific Angkasa Abadi**".



Masalah

melakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah pada sebagai berikut:

1. Bagaimana membentuk peta kendali *Homogeneously Weighted Moving Average* pada data produksi pipa besi PT. Pacific Angkasa Abadi?

2. Bagaimana kinerja peta kendali *Homogeneously Weighted Moving Average* pada data produksi pipa besi PT. Pacific Angkasa Abadi?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan 100 nilai pembobot untuk menentukan nilai pembobot optimum yaitu mulai dari $\lambda = 0,01$ sampai $\lambda = 1$ dengan selisih setiap dua nilai pembobot yang berurutan sebesar 0,01. Nilai pembobot optimum yang menghasilkan jumlah titik *out of control* terbanyak dari 100 nilai pembobot tersebut adalah $\lambda = 0,09$, $\lambda = 0,10$, dan $\lambda = 0,11$.
2. Nilai \bar{X}_0 adalah rata-rata target panjang pipa besi yang diproduksi oleh PT. Pacific Angkasa Abadi yaitu sebesar 6008 mm.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan yang telah diuraikan, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membentuk peta kendali *Homogeneously Weighted Moving Average* pada data produksi pipa besi PT. Pacific Angkasa Abadi.
2. Memperoleh kinerja peta kendali *Homogeneously Weighted Moving Average* pada data produksi pipa besi PT. Pacific Angkasa Abadi.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan dan pengetahuan mengenai pengendalian kualitas secara statistik menggunakan peta kendali *Homogeneously Weighted Moving Average*. Selain itu, dapat menjadi informasi, referensi, saran dan masukan bagi pihak perusahaan sebagai dasar pertimbangan dalam menentukan strategi dan pengambilan keputusan untuk meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan di masa yang akan datang.

1.6 Kajian Teori

1.6.1 Peta Kendali

Salah satu alat pengendalian kualitas statistik adalah peta kendali, yang dapat digunakan untuk memberikan informasi tentang peningkatan atau perbaikan kualitas. Hignasari (2020) tujuan peta kendali adalah untuk memonitor dan mengevaluasi serta memastikan bahwa proses berada dalam pengendalian kualitas secara statistika atau tidak sehingga dapat memecahkan masalah dan menghasilkan perbaikan kualitas. Dr. Walter Andrew Shewhart adalah orang pertama yang memperkenalkan teori umum peta kendali ini pada tahun 1942. Adapun bentuk umum untuk peta kendali (Montgomery, 2009):

$$UCL = \mu + L\sigma \quad (1)$$

$$CL = \mu \quad (2)$$

$$LCL = \mu - L\sigma \quad (3)$$



dengan L adalah jarak batas-batas kendali dari garis tengah, μ dan σ masing-masing adalah rata-rata dan standar deviasi dari karakteristik kualitas yang diamati.

Jika titik-titik sampel berada di dalam daerah yang dibatasi oleh UCL (*Upper Control Limit*) dan LCL (*Lower Control Limit*) maka dikatakan bahwa proses dalam kendali atau *in control*. Sedangkan jika titik-titik tersebut berada di bawah LCL atau di atas UCL maka dikatakan bahwa proses di luar kendali atau *out control* (Sudjana, 2005). Selama titik sampel berada di dalam batas kendali maka tidak diperlukan perbaikan. Namun, jika berada di luar batas kendali maka perlu dilakukan penyelidikan dan perbaikan (Tiro, 2013).

1.6.2 Uji Normalitas

Uji normalitas adalah uji statistik yang digunakan untuk menguji asumsi distribusi normal pada data. Pengujian ini berguna untuk memastikan bahwa data yang digunakan merupakan sampel yang berasal dari populasi yang berdistribusi normal (Cahyono, 2015). Ada banyak metode yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak. Adapun cara untuk mengetahui kenormalan data adalah dengan melihat grafik histogram dan melalui grafik *normal probability plot* dengan melihat pola dari grafik atau plot tersebut. Namun, uji normalitas dengan grafik tidak dapat memastikan bahwa data dapat dianggap normal karena hasil uji yang dilihat secara visual dipengaruhi oleh perbedaan interpretasi yang dibuat oleh masing-masing individu. Akibatnya, perlu dilakukan pengujian secara statistik (Ahadi dkk., 2023).

Salah satu metode uji statistik normalitas adalah uji Kolmogorov Smirnov yang dirancang oleh Andrey Kolmogorov dan Nikolai Smirnov. Uji Kolmogorov Smirnov termasuk uji nonparametrik sehingga penggunaannya tidak membutuhkan adanya asumsi terkait distribusi yang mendasari data yang akan diuji. Uji Kolmogorov Smirnov dilakukan dengan membandingkan antara nilai D_{hitung} dan D_{tabel} . Pengujian normalitas menggunakan uji Kolmogorov Smirnov adalah sebagai berikut (Quraisy, 2022):

Hipotesis:

H_0 : Data berdistribusi normal

H_1 : Data tidak berdistribusi normal

Statistik Uji:

$$D_{hitung} = \max|S_n(x) - F_0(x)| \quad (4)$$

Keterangan:

D_{hitung} : Nilai terbesar dari selisih mutlak $S_n(x)$ dan $F_0(x)$

$S_n(x)$: Distribusi frekuensi kumulatif empiris

$F_0(x)$: Distribusi frekuensi kumulatif teoritis

Kriteria Pengujian:

$D_{tabel}(\alpha;n)$ ($\alpha = 0,05$) dengan nilai D_{tabel} merupakan tabel nilai kritis Kolmogorov Smirnov, maka H_0 diterima yang artinya data berdistribusi normal.

3.1 Homogeneously Weighted Moving Average

Homogeneously Weighted Moving Average atau HWMA adalah peta kendali baru yang telah banyak digunakan karena kesederhanaan dan



keunggulannya dibandingkan peta kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) dan *Cummulative Sum* (CUSUM) dalam mendeteksi pergeseran kecil dalam suatu proses. HWMA memberikan bobot yang lebih besar pada sampel saat ini atau nilai proses paling baru dan bobot yang lebih kecil didistribusikan secara homogen (atau merata) ke semua sampel sebelumnya pada proses. Misalkan $X_{ij} \sim N(\mu, \sigma^2)$ adalah karakteristik kualitas yang akan dikendalikan dengan $i = 1, 2, 3, \dots, n$ dan $j = 1, 2, 3, \dots, m$. Jika parameter populasi μ dan σ yang diketahui yaitu $\mu = \mu_0$ dan $\sigma^2 = \sigma_0^2$. Adapun statistik *plotting* untuk peta kendali HWMA adalah sebagai berikut (Abbas, 2018):

$$H_i = \lambda \bar{X}_i + (1 - \lambda) \bar{\bar{X}}_{i-1} \quad (5)$$

dengan \bar{X}_i adalah rata-rata sampel untuk sampel ke- i . λ adalah nilai pembobot yang dipilih antara 0 dan 1 yaitu $0 < \lambda \leq 1$. $\bar{\bar{X}}_{i-1}$ adalah rata-rata dari rata-rata sampel sebelumnya ($i - 1$) dengan rumus:

$$\bar{\bar{X}}_{i-1} = \frac{\sum_{i=1}^{i-1} \bar{X}_i}{i-1} \quad (6)$$

Nilai $\bar{\bar{X}}_0$ ditetapkan sama dengan rata-rata target dari X yaitu μ_0 . Maka nilai H_i pada persamaan (2.5) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$H_i = \lambda \bar{X}_i + \left[\left(\frac{1-\lambda}{i-1} \right) \bar{X}_{i-1} + \left(\frac{1-\lambda}{i-1} \right) \bar{X}_{i-2} + \dots + \left(\frac{1-\lambda}{i-1} \right) \bar{X}_1 \right] \quad (7)$$

Batas pengendali dari peta kendali HWMA adalah sebagai berikut:

$$LCL_i = \begin{cases} \mu_0 - L \sqrt{\frac{\lambda^2 \sigma_0^2}{m}} & , \text{jika } i = 1 \\ \mu_0 - L \sqrt{\frac{\lambda^2 \sigma_0^2}{m} + (1-\lambda)^2 \frac{\sigma_0^2}{m(i-1)}} & , \text{jika } i > 1 \end{cases} \quad (8)$$

$$CL = \mu_0 \quad (9)$$

$$UCL_i = \begin{cases} \mu_0 + L \sqrt{\frac{\lambda^2 \sigma_0^2}{m}} & , \text{jika } i = 1 \\ \mu_0 + L \sqrt{\frac{\lambda^2 \sigma_0^2}{m} + (1-\lambda)^2 \frac{\sigma_0^2}{m(i-1)}} & , \text{jika } i > 1 \end{cases} \quad (10)$$

Nilai λ yang lebih kecil akan lebih sensitif terhadap pergeseran yang kecil, sedangkan untuk nilai λ yang lebih besar akan lebih sensitif terhadap pergeseran yang besar (Abbas, 2018). Secara umum, nilai faktor pembobot yang mempunyai kinerja baik khususnya untuk pergeseran *mean* proses yang kecil adalah dalam interval $0,05 \leq \lambda \leq 0,25$. Adapun nilai λ yang populer atau paling sering digunakan dalam interval tersebut adalah $\lambda = 0,05$, $\lambda = 0,10$, dan $\lambda = 0,20$. Aturan praktisnya adalah menggunakan nilai λ yang lebih kecil untuk mendeteksi pergeseran kecil (Koshti & Valappil, 2014). Selain itu, untuk pembobot yang akan digunakan untuk suatu data tertentu, maka akan mencari nilai pembobot optimumnya. Pratiwi & Wibawati (2020) nilai pembobot optimum adalah pembobot dengan jumlah *control* terbanyak karena dinilai lebih sensitif dalam mendeteksi



Kasus dimana proses dianggap telah berjalan dalam jangka waktu yang cukup lama yaitu $i \rightarrow \infty$ maka $(1 - \lambda)^2 \frac{\sigma_0^2}{n(i-1)}$ akan menuju 0 sehingga batas kendali HWMA pada Persamaan (2.8) dan (2.10) dalam kondisi *steady state* menjadi (Majika dkk., 2024):

$$LCL = \mu_0 - L \sqrt{\frac{\lambda^2 \sigma_0^2}{m}} \quad (11)$$

$$UCL = \mu_0 + L \sqrt{\frac{\lambda^2 \sigma_0^2}{m}} \quad (12)$$

Batas pengendali di atas berlaku jika μ dan σ diketahui. Namun, jika μ maupun σ tidak diketahui dan harus diestimasi maka pada batas pengendalinya untuk μ_0 diganti dengan $\hat{\mu}$ dan σ_0 diganti dengan $\hat{\sigma}$. Adapun penduga dari μ dan σ adalah (Montgomery, 2009):
Penduga untuk μ

$$\hat{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{X}_i \quad (13)$$

dengan

$$\bar{X}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m X_{i,j} \quad (14)$$

Keterangan:

$\hat{\mu}$: Penduga bagi μ

n : Banyak sampel

m : Banyak pengamatan

\bar{X}_i : Rata-rata tiap sampel

$X_{i,j}$: Data karakteristik kualitas yang diamati

Penduga untuk σ

$$\hat{\sigma} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n s_i \quad (15)$$

dengan

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (X_{i,j} - \bar{X}_i)^2} \quad (16)$$

Keterangan:

$\hat{\sigma}$: Penduga bagi σ

s_i : Standar deviasi tiap sampel

1.6.4 Average Run Length



Optimization Software:
www.balesio.com

kan untuk membandingkan kinerja peta kendali adalah dengan
pot peta kendali tersebut dapat mendeteksi sinyal *out of control*.
lebih cepat mendeteksi sinyal *out of control* disebut lebih sensitif
Average Run Length (ARL) merupakan salah satu cara untuk
kinerja peta kendali dalam mendeteksi perubahan yang terjadi
ARL adalah rata-rata jumlah titik pengukuran yang harus diplot pada

peta kendali sebelum suatu titik menandai kondisi tidak terkendali (Wijayanti dkk., 2020). ARL mewakili jumlah data yang berada antara batas kendali atas dan batas kendali bawah pada peta kendali sebelum *out of control*.

Nilai ARL terdiri atas ARL_0 (ARL *in control*) dan ARL_1 (ARL *out of control*). ARL_0 diartikan sebagai rata-rata titik pengamatan yang harus diplot sampai ditemukannya pengamatan yang *out of control*, pada saat proses berada pada kondisi *in control* atau rata-rata banyak observasi yang diperlukan untuk mengetahui kondisi tidak terkendali pertama kali pada suatu proses yang terkendali. Sedangkan ARL_1 diartikan sebagai rata-rata titik pengamatan yang diplot sampai ditemukannya pengamatan yang *out of control* pada proses dalam kondisi *out of control* atau rata-rata banyaknya observasi yang diperlukan untuk mengetahui kondisi tidak terkendali pertama kali pada suatu proses yang sebenarnya memang sudah tidak terkendali (Delsen, 2015). Dengan adanya kedua jenis ARL ini, maka peta kendali terbaik dapat dipilih. Untuk ARL_0 peta kendali terbaik adalah peta kendali dengan nilai ARL terbesar, sedangkan untuk ARL_1 peta kendali terbaik adalah peta kendali dengan nilai ARL terkecil (Abbasi dkk., 2021). Secara umum, ARL_0 dan ARL_1 dinyatakan sebagai (Montgomery, 2009):

$$ARL_0 = \frac{1}{P(\text{Tolak } H_0 \mid H_0 \text{ benar})} = \frac{1}{\alpha} \quad (17)$$

$$ARL_1 = \frac{1}{P(\text{Terima } H_0 \mid H_0 \text{ salah})} = \frac{1}{1 - \beta} \quad (18)$$

Keterangan:

H_0 : Kondisi dimana proses *in control* atau terkendali secara statistik

α : Probabilitas kesalahan (*error*) tipe I

β : Probabilitas kesalahan (*error*) tipe II

Adapun penjelasan α dan β adalah sebagai berikut (Van Delsen, 2015):

α merupakan probabilitas kesalahan (*error*) tipe I pada uji hipotesis (menolak hipotesis nol padahal hipotesis nol tersebut adalah benar) yang menyatakan bahwa proses berada dalam keadaan tidak terkendali padahal dalam kenyataannya proses berada dalam keadaan terkendali atau probabilitas suatu titik rata-rata sampel jatuh di luar batas pengendali pada saat proses terkendali.

β merupakan probabilitas kesalahan (*error*) tipe II pada uji hipotesis (menerima hipotesis nol padahal hipotesis nol tersebut adalah salah) yang menyatakan bahwa proses berada dalam keadaan terkendali padahal dalam kenyataannya proses berada dalam keadaan tidak terkendali atau probabilitas suatu titik rata-rata sampel jatuh di dalam batas pengendali pada saat proses tidak terkendali.

1.6.5 PT. Pacific Angkasa Abadi

PT. Pacific Angkasa Abadi merupakan perusahaan yang bergerak di bidang didirikan pada tahun 2015 dan berlokasi di Gresik, Jawa Timur. memproduksi pipa besi atau biasa disebut pipa hollow dalam berbagai keperluan konstruksi dan bangunan. Beberapa pelanggan PT. adalah perusahaan *scaffolding* yang membutuhkan pipa besi yang tinggi. Selain itu, beberapa pelanggan lainnya memiliki ma. Untuk menjaga kepercayaan pelanggan dan mengurangi



kerugian bagi perusahaan, proses produksi akan menjadi perhatian khusus. Produksi pipa besi di PT. Pasific Angkasa Abadi dilakukan dalam beberapa tahap, mulai dari *slitting* hingga proses *cutting* atau pemotongan. Proses pemotongannya diharapkan memberikan hasil yang sesuai dengan ukuran yang diinginkan perusahaan. Salah satu ukuran pipa besi yang diproduksi oleh PT. Pacific Angkasa Abadi adalah pipa hitam kotak 50×50 mm dengan target panjang 6008 mm. Tetapi terkadang terjadi kesalahan yang disebabkan oleh pergantian ketebalan bahan pipa yang membutuhkan untuk mengatur ulang mesin atau disebabkan oleh kerusakan mesin (Hakam, 2017).

Berikut adalah contoh pipa besi jenis pipa hitam kotak yang diproduksi oleh PT. Pacific Angkasa Abadi:



Gambar 1. Produk Pipa Besi Hitam Kotak PT. Pacific Angkasa Abadi

