

**PENERAPAN BAGAN KENDALI *MODIFIED*
CUMULATIVE SUM DALAM MENDETEKSI
PERGESERAN RATA-RATA PADA DATA PRODUKSI
PIPA BESI PT. PACIFIC ANGKASA ABADI**

SKRIPSI



ANDI MUHAMMAD RAJAB

H051191070

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

**PENERAPAN BAGAN KENDALI *MODIFIED*
CUMULATIVE SUM DALAM MENDETEKSI
PERGESERAN RATA-RATA PADA DATA PRODUKSI
PIPA BESI PT. PACIFIC ANGKASA ABADI**

SKRIPSI



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

ANDI MUHAMMAD RAJAB

H051191070

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

MAKASSAR

DESEMBER 2023

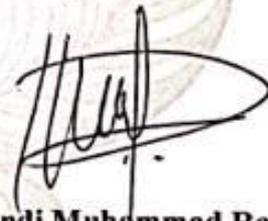
LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN

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

**PENERAPAN BAGAN KENDALI *MODIFIED CUMULATIVE SUM*
DALAM MENDETEKSI PERGESERAN RATA-RATA 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, 01 Desember 2023



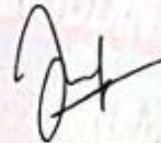
Andi Muhammad Rajab
NIM H051191070

**PENERAPAN BAGAN KENDALI *MODIFIED*
CUMULATIVE SUM DALAM MENDETEKSI
PERGESERAN RATA-RATA PADA DATA PRODUKSI
PIPA BESI PT. PACIFIC ANGKASA ABADI**

Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama



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

Annisa, S.Si., M.Si.
NIP. 197302271998022001

Ketua Program Studi



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

Pada 01 Desember 2023

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Andi Muhammad Rajab
NIM : H051191070
Program Studi : Statistika
Judul Skripsi : Penerapan Bagan Kendali *Modified Cumulative Sum*
dalam Mendeteksi Pergeseran Rata-Rata 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 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 : Annisa, S.Si., M.Si. (.....)

3. Anggota : Dr. Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si. (.....)

4. Anggota : Dr. Nirwan, M.Si. (.....)

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 01 Desember 2023

KATA PENGANTAR

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 “**Penerapan Bagan Kendali Modified Cumulative Sum dalam Mendeteksi Pergeseran Rata-Rata 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 serta penghargaan yang setinggi-tingginya untuk orang tua penulis, Ayahanda **A. Azikin. B (Alm)** yang telah memberi banyak pelajaran hidup yang begitu berarti dan Ibunda **Andi Nur Aeda**, penulis sangat menyadari betapa besarnya perjuangan Ibunda yang berjuang dalam memberikan dukungan serta petuah dalam perjalanan panjang perjuangan penulis, pengorbanan luar biasa, limpahan cinta dan kasih sayang, kesabaran hati, serta dengan ikhlas telah menemani setiap langkah penulis dengan doa dan restu mulianya. Ucapan terima kasih juga penulis haturkan kepada kakak tersayang penulis **Andi Raehana, Andi Nur Astuti, Andi Nur Wulan, Andi Chaerani** dan **Andi Ardiansyah** yang senantiasa memberikan semangat, dukungan moril dan doa terbaiknya untuk penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, serta kepada keluarga besar penulis, terima kasih atas doa dan dukungannya selama ini.

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

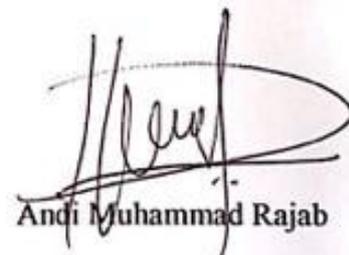
1. **Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
2. **Bapak Dr. Eng. Amiruddin**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
3. **Ibu Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si.**, selaku Ketua Departemen Statistika yang telah seperti orang tua sendiri, segenap dosen pengajar dan staf Departemen Statistika yang telah membekali ilmu dan kemudahan kepada penulis dalam berbagai hal selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.
4. **Ibu Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.**, selaku Pembimbing Utama penulis dengan penuh kesabaran meluangkan waktu dan pengertiannya dalam membimbing, memberikan arahan, dorongan semangat dan motivasi, serta memahami kondisi masa sulit penulis dari awal hingga selesainya penulisan skripsi ini.
5. **Ibu Annisa, S.Si., M.Si.**, selaku Pembimbing Pertama penulis dengan penuh kesabaran meluangkan waktu dan pengertiannya dalam membimbing, memberikan arahan, dorongan semangat dan motivasi, serta memahami kondisi masa sulit penulis dari awal hingga selesainya penulisan skripsi ini.
6. **Ibu Dr. Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si.**, selaku Penguji Pertama sekaligus Penasihat Akademik penulis yang senantiasa memberikan masukan dan arahan perihal akademik. Selain dari itu, beliau dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu dan pemikirannya untuk senantiasa memberikan masukan serta arahan sehingga menjadikan skripsi ini lebih baik.
7. **Bapak Dr. Nirwan, M.Si.**, selaku Penguji Pertama penulis dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu dan pemikirannya untuk senantiasa memberikan masukan serta arahan yang membangun kepada penulis sehingga menjadikan skripsi ini lebih baik.
8. Sahabat terbaik **Nurul Hikmah, Seli Lisnayani, Nur Aisyah, Melinda Sari Wiryia Putri Laode dan Muhamma Rihat Pratama**. Terima kasih atas kebersamaan, kebahagiaan, bantuan, serta kebaikannya menjadi sahabat

sekaligus keluarga bagi penulis. Terima kasih atas semua kisah asam-manis yang dilalui bersama.

9. Teman seperjuangan di Statistika 2019, **Yasmin Pratiwi, Nurazizah, Nur Syahfika, Mayashari, Mellyana Massa dan Alfiya Salsabila**. Terima kasih atas kebaikan dan bantuannya kepada penulis sehingga dapat menuntaskan masa penyusunan skripsi dengan baik.
10. Teman-teman tongkrongan, **Difal, Oja dan Alif** yang setia menemani dan menghibur penulis.
11. Kepada semua teman-teman di angkatan Statistika 2019 yang telah mengisi masa perkuliahan penulis dengan banyak sekali cerita yang akan terus terkenang dalam ingatan penulis.
12. Kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih setinggi-tingginya untuk segala dukungan, partisipasi, dan apresiasi yang diberikan kepada penulis.

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

Makassar, 01 Desember 2023



Andi Muhammad Rajab

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

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

Nama : Andi Muhammad Rajab
NIM : H051191070
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:

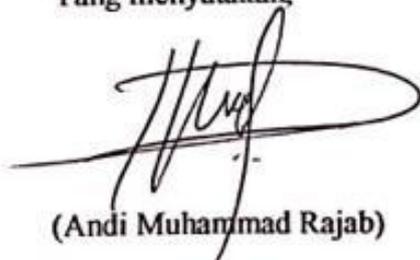
“Penerapan Bagan Kendali *Modified Cumulative Sum* dalam Mendeteksi Pergeseran Rata-Rata pada Data Produksi Pipa Besi Pt. Pacific Angkasa Abadi”

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 01 Desember 2023.

Yang menyatakan,



(Andi Muhammad Rajab)

ABSTRAK

PT. Pacific Angkasa Abadi adalah produsen pipa besi yang bertempat di Gresik. Pada dunia industri seperti saat ini, persaingan semakin ketat. Hal seperti kualitas produk menjadi perhatian utama konsumen. Oleh karena itu PT. Pacific Angkasa Abadi terus melakukan upaya-upaya untuk mengendalikan kualitas produknya. Beberapa cara dapat dilakukan, salah satunya dengan menggunakan bagan kendali. Bagan kendali adalah alat pengendalian proses statistik yang paling populer untuk memantau berbagai proses. Bagan kendali yang umum digunakan adalah bagan kendali *Shewhart*, tetapi grafik kendali tersebut kurang sensitif pada pergeseran kecil sehingga muncul bagan kendali lain yang menjadi alternatif seperti CUSUM. Kemampuan deteksi bagan kendali CUSUM dapat ditingkatkan dengan memperkenalkan berbagai transformasi, salah satunya dengan memperkenalkan teknik transformasi variabel *link relative*. Variabel *link relative* mengubah variabel proses asli dalam bentuk yang relatif terhadap *mean* atau rata-ratanya. Jadi, *link relative* mewakili posisi relatif dari pengamatan. Jumlah *out of control* digunakan untuk membandingkan kinerja bagan kendali. Tugas akhir ini membandingkan bagan kendali CUSUM berbasis *link relative* dan CUSUM klasik pada proses produksi pipa hitam 50×50 . Hasil pembahasan menunjukkan bahwa proses produksi pipa hitam 50×50 belum terkendali secara statistik. Grafik kendali CUSUM berbasis *link relative* memberikan performa yang lebih baik karena dapat mendeteksi 72 plot yang *out of control*.

Kata Kunci: *Statistical Process Control*, Bagan Kendali, *Link Relative*, CUSUM (*Cumulative Sum*), EWMA (*Exponentially Weighted Moving Average*).

ABSTRACT

PT. Pacific Angkasa Abadi is an iron pipe manufacturer located in Gresik. In today's industrial world, competition is increasingly fierce. Things like product quality are consumers' main concern. Therefore PT. Pacific Angkasa Abadi continues to make efforts to control the quality of its products. Several ways can be done, one of which is by using a control chart. Control charts are the most popular statistical process control tool for monitoring various processes. The control chart that is commonly used is the Shewhart control chart, but this control chart is less sensitive to small shifts, so other alternative control charts such as CUSUM have emerged. The CUSUM control chart detection capability can be improved by introducing various transformations, one of which is by introducing the relative link variable transformation technique. Relative link variables change the original process variable in a form relative to its mean. So, relative links represent the relative positions of observations. The number of out of control is used to compare the performance of the control chart. This final project compares the relative link based CUSUM control chart and classic CUSUM in the 50×50 black pipe production process. The results of the discussion show that the 50×50 black pipe production process has not been statistically controlled. The relative link-based CUSUM control graph provides better performance because it can detect 72 plots that are out of control.

Keywords: *Statistical Process Control, Control Chart, Link Relative, CUSUM (Cumulative Sum), EWMA (Exponentially Weighted Moving Average).*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kualitas Produk	4
2.2 Pengendalian Kualitas Statistik	4
2.3 Uji Normalitas.....	5
2.4 Bagan Kendali <i>Cumulative Sum</i>	6
2.5 Bagan Kendali <i>Modified Cumulative Sum</i> berbasis <i>Link Relative</i>	9
2.6 PT. Pacific Angkasa Abadi	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Data.....	12
3.2 Tahapan Analisis Data	12
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Statistik Deskriptif Data Panjang Pipa Hitam Kotak 50 × 50 mm.....	14

4.2 Uji Normalitas Data.....	14
4.3 Bagan Kendali CUSUM Klasik.....	15
4.4 Bagan Kendali <i>Modified</i> CUSUM Berbasis <i>Link Relative</i>	22
4.5 Perbandingan Kinerja Bagan Kendali Menggunakan Jumlah <i>Out of Control</i>	31
BAB V KESIMPULAN	34
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	37

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Statistik Deskriptif	14
Tabel 4.2 Uji <i>Kolmogorov - Smirnov</i>	15
Tabel 4.3 Nilai Plot Bagan Kendali CUSUM.....	18
Tabel 4.4 Nilai Variabel <i>Link Relative</i>	23
Tabel 4.5 Nilai Plot Bagan Kendali <i>Modified</i> CUSUM Berbasis <i>Link Relative</i> ..	27
Tabel 4.6 Status <i>Out of Control</i> Bagan Kendali CUSUM	31
Tabel 4.7 Status <i>Out of Control</i> Bagan Kendali <i>Modified</i> CUSUM berbasis <i>Link Relative</i>	32
Tabel 4.8 Perbandingan Jumlah <i>Out of Control</i> dan <i>In Control</i> pada Bagan Kendali CUSUM dan <i>Modified</i> CUSUM berbais <i>Link Relative</i>	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Bagan Kendali CUSUM Klasik 21
Gambar 4.2 Bagan Kendali Modified CUSUM Berbasis Link Relative 30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Panjang Hitam 50×50 mm Tanggal 13 Oktober 2016	38
Lampiran 2. Tabel Nilai Kritis Uji <i>Kolmogorov-Smirnov</i>	41
Lampiran 3. Tabel Nilai <i>A2, d2, D3, D4</i>	42
Lampiran 4. Hasil Perhitungan Uji Normalitas	43
Lampiran 5. Bagan Kendali CUSUM Klasik	53
Lampiran 6. Tabel Nilai Variabel Transformasi	56
Lampiran 7. Bagan Kendali <i>Modified</i> CUSUM berbasis <i>Link Relative</i>	57

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dasar pengendalian mutu secara statistik adalah pemanfaatan sepenuhnya teknik statistika, pada manufaktur data dikumpulkan untuk mengendalikan proses produksi, membuat keterkaitan antara penyebab dan akibat menjadi jelas, untuk analisis produksi, dan seterusnya (Mujibudda'wat, 2014). Hasil dari data proses manufaktur memiliki pola keragaman. Perubahan terjadi tidak hanya karena perubahan waktu tetapi juga dari dampak berbagai faktor dalam proses yang berubah dari keadaan sebelumnya.

Pola keragaman dapat digambarkan dalam bentuk grafik sebar (*scatter plot*), tetapi dalam hal ini tidak semua bagan dapat dijadikan sebagai alat pengendali kualitas produksi. Bagan yang digunakan biasanya tidak menggunakan batas kendalian untuk menentukan tindakan tepat yang seharusnya dilakukan terhadap perubahan (Mujibudda'wat, 2014).

Bagan kendali adalah alat pengendalian kualitas proses statistik yang paling populer untuk memantau berbagai proses. Bagan ini memiliki garis nilai batas kendali yang memiliki tujuan untuk menetapkan apakah titik data dalam keadaan terkendali atau tidak. Bagan kendali pertama kali diperkenalkan oleh W.A Shewhart pada tahun 1924, yakni bagan kendali *Shewhart*. Bagan kendali terbagi menjadi dua kategori, bagan kendali atribut dan variabel. Bagan kendali atribut digunakan untuk kendali data kualitatif yang dihitung untuk pencatatan dan analisis. Sedangkan bagan kendali variabel digunakan untuk data kuantitatif yang dihitung untuk keperluan analisis (Norasia, 2021).

Pada bagan kendali variabel terdapat dua ciri karakteristik mutu yaitu *mean* proses dan variabilitas proses (Montgomery, 2009). Bagan kendali *Shewhart*, *Exponentially Weight Moving Average* (EWMA), dan *Cumulative Sum* (CUSUM) adalah bagan kendali yang digunakan untuk mengontrol *mean* proses. Menurut Montgomery (1990), bagan kendali *Shewhart* memiliki penerapan metode paling luas untuk mengawasi pergerakan rata-rata proses produksi, tetapi kelemahan bagan kendali ini ialah kurang sensitif terhadap pergeseran rata-rata proses yang kecil sehingga membuat hasil yang diperoleh kurang tepat. Pengamatan pergeseran

rata-rata proses yang kecil akan menjaga agar proses produksi tetap stabil dan menghasilkan produk yang lebih berkualitas dan tentunya memberikan keuntungan baik bagi produsen maupun konsumen (Hakam, 2017).

Seiring perkembangan waktu, bagan kendali semakin ditingkatkan dengan melakukan berbagai transformasi dan modifikasi. Salah satunya yaitu modifikasi bagan kendali *Cumulative Sum* (CUSUM) yang kinerjanya efektif untuk mendeteksi pergeseran rata-rata proses yang kecil dengan melakukan teknik transformasi variabel *link relative* yang kemudian disebut dengan bagan kendali *modified CUSUM* berbasis *link relative*. Variabel *link relative* mengubah variabel proses asli dalam bentuk yang relatif terhadap rata-rata. Jadi, *link relative* mewakili posisi relatif dari pengamatan terhadap rata-ratanya. Bagan kendali *modified CUSUM* berbasis *link relative* dapat diperoleh dengan mempertimbangkan data yang digunakan ialah berdistribusi normal.

Beberapa penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian ini ialah Nuraedah dkk., (2020) membandingkan bagan kendali *Shewhart* dengan bagan kendali *Cumulative Sum* (CUSUM) dalam mendeteksi pergeseran rata-rata kekeruhan air. Sinaga dkk., (2017) melakukan penelitian dengan membandingkan bagan kendali rata-rata (\bar{X}) dan bagan kendali CUSUM dalam mendeteksi pergerakan kurs mata uang. Penelitian lainnya oleh Faisal dkk., (2017) dengan penerapan bagan kendali *modified CUSUM* yang berbasis *link relative* pada data tegangan listrik dalam sistem panel PV (panel fotovoltaik) yang menunjukkan bahwa bagan kendali *modified CUSUM* berbasis *link relative* dapat mendeteksi pergeseran rata-rata proses yang kecil.

Berdasarkan uraian tersebut, maka pada penelitian ini akan dibahas mengenai modifikasi bagan kendali CUSUM untuk mendeteksi pergeseran *mean* proses yang kecil dalam suatu proses produksi, yang dituliskan dalam sebuah tugas akhir dengan judul “**Penerapan Bagan Kendali *Modified Cumulative Sum* dalam Mendeteksi Pergeseran Rata-Rata pada Data Produksi Pipa Besi PT. Pacific Angkasa Abadi**”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu.

1. Bagaimana mendapatkan bagan kendali *modified* CUSUM berbasis *link relative*?
2. Bagaimana penerapan bagan kendali *modified* CUSUM berbasis *link relative* pada data produksi pipa besi di PT. Pacific Angkasa Abadi?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini yaitu.

1. Data yang digunakan adalah data produksi berupa panjang pipa besi di PT. Pacific Angkasa Abadi pada tanggal 13 Oktober 2016.
2. Metode yang digunakan adalah *modified* CUSUM berbasis *link relative*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu.

1. Memperoleh bagan kendali *modified* CUSUM berbasis *link relative*.
2. Mendapatkan performa bagan kendali *modified* CUSUM berbasis *link relative* pada data produksi pipa besi di PT. Pacific Angkasa Abadi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu.

1. Memberikan manfaat khususnya untuk bidang statistika dalam memperoleh pengetahuan mengenai perbandingan metode pengendalian kualitas, yaitu dengan bagan kendali *modified* CUSUM berbasis *link relative*.
2. Dapat dijadikan sebagai masukan dan saran kepada pihak industri dalam menentukan rancangan pengendalian kualitas sebagai upaya peningkatan kualitas produksi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kualitas Produk

Produk merupakan *output* yang diperoleh dari suatu perusahaan untuk menarik perhatian konsumen. Kualitas produk mencerminkan keberhasilan suatu perusahaan, karena kualitas produk menjadi aspek penting dalam meningkatkan kepuasan konsumen untuk menjaga loyalitas konsumen terhadap produk tersebut (Nurhaedah dkk., 2020). Thamrin (2003) mengutip dari Kotler dan Armstrong bahwa kualitas produk merupakan kemampuan dari sebuah produk dalam memperagakan fungsinya, termasuk keseluruhan durabilitas, reabilitas, ketepatan, kemudahan pengoperasian dan perbaikan produk, dan nilai-nilai lainnya. Sedangkan Malik Ibrahim dan Sitti Marijam Thawil (2019) mengutip dari Wijaya yang menyatakan kualitas produk adalah gabungan dari keseluruhan karakteristik produk yang dihasilkan, hasil rekayasa produksi dan pemeliharaan sehingga menjadi produk yang dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan konsumen.

2.2 Pengendalian Kualitas Statistik

Pengendalian kualitas merupakan aktivitas keteknikan dan manajemen dimana aktivitas tersebut diukur ciri-ciri daripada produknya, dan membandingkan dengan spesifikasi lain. Mengambil tindakan perbaikan yang sesuai bila terdapat perbedaan antara penampilan yang sebenarnya dengan standar yang telah ditentukan. Keunggulannya dalam setiap langkah proses produksi selain meningkatkan kualitas produksi sesuai standar yang ditentukan juga menekan atau meminimalisir biaya inspeksi dan biaya produksi yang disebabkan oleh kerusakan ataupun kerugian selama produksi (Nurhaedah dkk., 2020). Pengendalian kualitas yang tepat memberikan kualitas yang baik. Secara umum, pengendalian kualitas dibutuhkan oleh perusahaan untuk memonitor proses produksi agar sesuai dengan hasil yang diharapkan (Hakam, 2017).

Penggunaan metode statistik merupakan hal yang penting dalam melakukan pengendalian dan peningkatan kualitas, proses ini disebut pengendalian kualitas statistik. Tujuan pokok pengendalian kualitas statistik adalah menyidik dengan cepat terjadinya suatu kejadian yang tidak terkendali sehingga dapat dilakukannya

tindakan perbaikan secepatnya sebelum terlalu banyak unit yang tidak sesuai dengan standar produk diproduksi (Montgomery, 1990).

Adapun 7 alat pengendalian kualitas yang paling umum digunakan dan biasa disebut *The Magnificent Seven*, antara lain:

1. Histogram
2. *Check Sheet*
3. Diagram *Pareto*
4. Diagram Sebab-akibat
5. Diagram Pemusatan Kecacatan
6. Diagram *Scatter*
7. Bagan Kendali

Bagan kendai merupakan alat yang paling sering digunakan diantara ke-7 alat pengendali tersebut. Oleh karena itu, berbagai pengembangan bagan kendali telah dilakukan, sehingga muncul beberapa bagan kendali yang digunakan pada kondisi-kondisi tertentu (Hakam, 2017).

2.3 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 bagan kendali (Pratiwi & Wibawati, 2021). Berikut merupakan uji *Kolmogorov Smirnov* (Hakam, 2017):

Hipotesis:

H_0 : data berdistribusi normal

H_1 : data tidak berdistribusi normal

Statistik uji dengan Persamaan (2.1) sebagai berikut:

$$D_{hitung} = \max\{|F_0(x_i) - S(x_i)|\} \quad (2.1)$$

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 $D_{hitung} < D_{\alpha,m}$ (nilai $\alpha = 0,05$), maka H_0 diterima yang berarti data berdistribusi normal.

2.4 Bagan Kendali *Cumulative Sum*

Bagan kendali *Cumulative Sum* (CUSUM) merupakan rangkaian teknik analisis data yang dikembangkan pertama kali di Inggris pada tahun 1954 oleh E. S Page (Wijayanti & Helmi, 2020). Bagan kendali CUSUM digunakan sebagai alternatif dari bagan kendali *Shewhart* yang digunakan untuk memonitor rata-rata proses (Widiawati dkk., 2015). Bagan ini menghimpun secara langsung semua informasi dalam barisan nilai-nilai sampel dari nilai target dengan menampilkan jumlah kumulatif deviasi nilai rata-rata proses (Hidayah, 2010). Hal ini menyebabkan bagan kendali CUSUM menjadi lebih efektif digunakan daripada bagan kendali *Shewhart* untuk mendeteksi pergeseran rata-rata proses yang relatif kecil (Wijayanti & Helmi, 2020).

Misalnya, sampel dengan ukuran $m \geq 1$. Maka bagan kendali CUSUM dibentuk dengan Persamaan (2.2) sebagai berikut (Montgomery, 2009):

$$C_i = \sum_{i=1}^m (\bar{X}_i - \mu_0) \quad (2.2)$$

Keterangan:

C_i : nilai CUSUM sampai dengan sampel ke- i .

\bar{X}_i : rata-rata dari sampel ke- i

μ_0 : rata-rata target

Bagan kendali CUSUM dipresentasikan dengan menggunakan tabular CUSUM. Cara tabular CUSUM dapat digunakan untuk menampilkan bagan kendali CUSUM dengan cara mengakumulasi pergeseran (deviasi dari μ_0) di atas

nilai target (*one-sided upper*) dan pergeseran di bawah nilai target (*one-sided lower*) yang dilambangkan dengan C_i^+ dan C_i^- . Pergeseran tersebut dapat dihitung dengan Persamaan (2.3) dan Persamaan (2.4) sebagai berikut (Faisal, dkk., 2017):

$$C_i^+ = \max[0; X_i - \mu_0 - K + C_{i-1}^+] \quad (2.3)$$

$$C_i^- = \min[0; X_i - \mu_0 + K + C_{i-1}^-] \quad (2.4)$$

Keterangan:

C_i^+ : akumulasi nilai pergeseran sampel ke- i di atas nilai target

C_i^- : akumulasi nilai pergeseran sampel ke- i di bawah nilai target

X_i : sampel ke- i

μ_0 : rata-rata target

K : nilai referensi

σ : standar deviasi

dengan K yang didefinisikan sebagai $K = k\sigma$, di mana σ mengacu pada pergeseran dalam satuan standar.

Batas kendali dari tabular CUSUM dapat diperoleh dari Persamaan (2.5) dan Persamaan (2.6) sebagai berikut (Montgomery, 2009):

$$UCL = H \quad (2.5)$$

$$= h\sigma$$

$$LCL = -H \quad (2.6)$$

Keterangan:

UCL : *Upper Control Limit* (Batas Kendali Atas)

LCL : *Lower Control Limit* (Batas Kendali Bawah)

h : parameter

σ : standar deviasi

dalam menentukan batas kendali CUSUM diperlukan nilai parameter dari h , umumnya nilai h yang digunakan adalah 4 atau 5.

Jika besar pengamatan $n > 1$, maka nilai X_i diganti dengan rata-rata subgroup yang dinotasikan dengan \bar{X}_i , sedangkan nilai σ dapat diganti dengan $\sigma_{\bar{X}}$ yang dapat diperoleh dari Persamaan (2.7):

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.7)$$

Keterangan:

σ : standar deviasi

n : banyak pengamatan dalam satu sampel

dan nilai referensi yang mulanya $K = k\sigma$ diganti dengan Persamaan (2.8):

$$K = k \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.8)$$

Dengan demikian, statistik *plotting* CUSUM yang didapat dari Persamaan (2.3) dan (2.4) dapat diubah menjadi Persamaan (2.9) dan (2.10):

$$C_i^+ = \max[0; \bar{X}_i - \mu_0 - K + C_{i-1}^+] \quad (2.9)$$

$$C_i^- = \min[0; \bar{X}_i - \mu_0 + K + C_{i-1}^-] \quad (2.10)$$

Sedangkan batas kendali pada Persamaan (2.5) dan (2.6) dapat diubah menjadi Persamaan (2.11) dan (2.12):

$$UCL = H \quad (2.11)$$

$$= h \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$LCL = -H \quad (2.12)$$

Keterangan:

h : parameter

σ : standar deviasi

n : banyak pengamatan dalam satu sampel

Apabila nilai σ belum diketahui sebelumnya, maka nilai σ dapat ditaksir dari range subgrup kecil ($n \leq 10$). Nilai estimasi dari σ ($\hat{\sigma}$) ditaksir dengan menggunakan Persamaan (2.13):

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (2.13)$$

Rata-rata range $\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m}$, dengan range subgrup ke- i (R_i) adalah selisih dari sampel terbesar dengan sampel terkecil pada subgrup tersebut.

2.5 Bagan Kendali *Modified Cumulative Sum* berbasis *Link Relative*

Salah satu peningkatan kinerja bagan kendali CUSUM yaitu bagan kendali dengan teknik transformasi variabel *link relative*. Dengan mempertimbangkan $W_i \sim N(\mu_w, \sigma_w^2)$, dengan μ_w dan σ_w^2 diasumsikan diketahui dan positif.

Variabel *link relative* didefinisikan dengan Persamaan (2.14) sebagai berikut (Faisal dkk., 2017):

$$Y_i = \left\{ \begin{array}{l} \frac{W_i}{\mu_w} \text{ jika } W_i > \mu_w, \\ -\frac{W_i}{\mu_w} \text{ jika } W_i < \mu_w, \end{array} \right\} \text{ dengan } i = 1, 2, 3, \dots \quad (2.14)$$

dengan i menunjukkan nomor pengamatan. Y_i membandingkan setiap pengamatan dengan rata-rata proses, Y_i dihitung dari pengamatan proses asli dan juga tergantung pada rata-rata proses. Jadi sebenarnya, Y_i adalah variabel yang dirancang untuk menunjukkan arah pengamatan relatif terhadap rata-rata proses.

Apabila banyak pengamatan $n > 1$, maka nilai (W_i) pada variabel *link relative* berubah menjadi (\bar{W}_i) . Sehingga Persamaan (2.14) dapat diubah menjadi Persamaan (2.15):

$$Y_i = \left\{ \begin{array}{l} \frac{\bar{W}_i}{\mu_{\bar{w}}} \text{ jika } \bar{W}_i > \mu_{\bar{w}}, \\ -\frac{\bar{W}_i}{\mu_{\bar{w}}} \text{ jika } \bar{W}_i < \mu_{\bar{w}}, \end{array} \right\} \text{ dengan } i = 1, 2, 3, \dots \quad (2.15)$$

Dengan menggunakan Y_i , mendefinisikan variabel transformasi (\hat{W}_i) dalam bentuk yang lebih terkonsentrasi sebagai target menggunakan Persamaan (2.16) sebagai berikut:

$$\hat{W}_i = a + bY_i, \quad (2.16)$$

dengan $a = \mu_w$ dan $b = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \sigma_w$.

Rata-rata dan standar deviasi dari model yang disajikan sebelumnya masing-masing dituliskan sebagai $\mu_{\hat{w}}$ dan $\sigma_{\hat{w}}$. Dengan $\sigma_{\hat{w}}$ yang diperoleh berdasarkan Persamaan (2.17) sebagai berikut (Faisal dkk., 2017):

$$\sigma_{\hat{w}} = 0.8\sigma_w \quad (2.17)$$

Diperoleh bagan kendali *modified CUSUM* berbasis *link relative* yang diusulkan memiliki statistik *plotting* yang dapat dihitung dengan Persamaan (2.18) dan (2.19) sebagai berikut (Faisal dkk., 2017):

$$C_i^+ = \max[0; \widehat{W}_i - \mu_{\widehat{W}} - K + C_{i-1}^+] \quad (2.18)$$

$$C_i^- = \min[0; \widehat{W}_i - \mu_{\widehat{W}} + K + C_{i-1}^-] \quad (2.19)$$

dimana $C_0^+ = C_0^- = 0$ adalah nilai awal. Dengan K didefinisikan sebagai $K = k\sigma_{\widehat{W}}$, dimana $\sigma_{\widehat{W}}$ mengacu pada pergeseran dalam satuan standar.

Sama halnya pada bagan Kendali CUSUM klasik, dalam menentukan batas kendali bagan *modified CUSUM* berbasis *link relative* diperlukan nilai parameter dari h (Faisal dkk., 2017). Batas kendali dari bagan *modified CUSUM* berbasis *link relative* dapat diperoleh dengan Persamaan (2.20) dan (2.21):

$$UCL = H \quad (2.20)$$

$$= h\sigma_{\widehat{W}}$$

$$LCL = -H \quad (2.21)$$

Jika besar pengamatan $n > 1$, maka nilai referensi yang mulanya $K = k\sigma_{\widehat{W}}$ diganti dengan Persamaan (2.22) sebagai berikut:

$$K = k \frac{\sigma_{\widehat{W}}}{\sqrt{n}} \quad (2.22)$$

dan batas kendali pada persamaan (2.20) dan (2.21) dapat diubah menjadi Persamaan (2.23) dan (2.24):

$$UCL = H \quad (2.23)$$

$$= h \frac{\sigma_{\widehat{W}}}{\sqrt{n}}$$

$$LCL = -H \quad (2.24)$$

Keterangan:

h : parameter

$\sigma_{\widehat{W}}$: standar deviasi

n : banyak pengamatan dalam satu sampel

2.6 PT. Pacific Angkasa Abadi

PT. Pacific Angkasa Abadi adalah perusahaan penghasil pipa besi berkualitas 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 besiya sendiri yaitu 6008 mm. Namun tidak jarang pada proses *cutting* terjadi kesalahan yang disebabkan pergantian ketebalan bahan pipa yang membutuhkan mengatur ulang mesin atau disebabkan oleh kerusakan mesin (Hakam, 2017).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari publikasi tugas akhir yang berjudul “Perbandingan Grafik Kendali CUSUM (*Cumulative Sum*) dan EWMA (*Exponentially Weighted Moving Average*) dalam Pengendalian Kualitas Produksi Pipa Besi Pada PT. Pacific Angkasa Abadi”. Data tersebut berupa data produksi pipa besi dengan pengambilan data sebanyak 100 sampel yang dilakukan setiap 3 menit dengan 4 kali pengamatan. Adapun variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah panjang pipa hitam kotak 50×50 mm (x_i) di PT. Pacific Angkasa Abadi dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.2 Tahapan Analisis Data

Adapun tahapan analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian asumsi normalitas menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov* pada data produksi pipa hitam kotak kotak 50×50 mm, dengan hipotesis H_0 : data berdistribusi normal dan H_1 : data tidak berdistribusi normal. Dengan kriteria pengujian dimana $D_{hitung} < D_{\alpha,n}$ (nilai $\alpha = 0,05$), maka H_0 diterima yang berarti data berdistribusi normal.
2. Menerapkan bagan kendali CUSUM klasik pada data produksi pipa hitam kotak 50×50 mm.
 - a. Menentukan nilai estimasi dari σ ($\hat{\sigma}$) menggunakan Persamaan (2.13).
 - b. Menghitung nilai referensi (K) menggunakan Persamaan (2.8).
 - c. Menentukan batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) dengan Persamaan (2.11) dan (2.12).
 - d. Mencari nilai statistik *plotting* (C_i^+ dan C_i^-) yang dihitung dengan Persamaan (2.9) dan (2.10).
 - e. Membentuk bagan kendali CUSUM klasik sesuai dengan nilai statistik *plotting* yang telah diperoleh.

3. Menerapkan bagan kendali *modified* CUSUM berbasis *link relative* pada data produksi pipa hitam kotak 50×50 mm.
 - a. Menghitung nilai variabel *link relative* setiap sampel (Y_i) menggunakan Persamaan (2.15).
 - b. Menghitung variable transformasi (\widehat{W}_i) menggunakan Persamaan (2.16).
 - c. Menghitung standar deviasi $\sigma_{\widehat{W}}$ yang diperoleh menggunakan Persamaan (2.17) dan nilai estimasi dari yang telah diperoleh pada Tahap (2.a).
 - d. Menentukan batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) dengan Persamaan (2.23) dan (2.24).
 - e. Menghitung nilai referensi (K) menggunakan Persamaan (2.22).
 - f. Mencari nilai statistik *plotting* (C_i^+ dan C_i^-) yang dihitung dengan Persamaan (2.18) dan (2.19).
 - g. Membentuk bagan kendali *modified* CUSUM berbasis *link relative* sesuai dengan nilai statistik *plotting* yang telah diperoleh.
4. Membandingkan kinerja bagan kendali CUSUM klasik dan bagan kendali *modified* CUSUM berbasis *link relative* berdasarkan jumlah *out of control*.