

## DETEKSI PERUBAHAN POLA PESANAN MENGGUNAKAN CUSUM CHART: PENDEKATAN EFEKTIF UNTUK PENGENDALIAN PROSES

GiaColin Alfaro Samuel Sianturi<sup>1</sup>, Shadri Ismaun Lubis<sup>2</sup>, Fachriz Effendy<sup>3</sup>  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan  
Email : [gjakolinsianturi@gmail.com](mailto:gjakolinsianturi@gmail.com)

### ABSTRAK

Penelitian ini menggunakan CUSUM chart (Cumulative Sum Control Chart) untuk mendeteksi pergeseran dalam jumlah pesanan harian. Data yang digunakan terdiri dari 111 observasi yang mencatat jumlah pesanan setiap hari. CUSUM Positif (C+) dan CUSUM Negatif (C-) dihitung untuk mengidentifikasi perubahan signifikan dalam pola pesanan. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat lonjakan jumlah pesanan yang signifikan, yang terdeteksi melalui C+, serta penurunan pesanan yang terus menerus, yang terdeteksi melalui C-. Meskipun tidak ada nilai C+ yang melampaui batas keputusan  $H=9$ , penurunan dalam C- menunjukkan adanya ketidakstabilan dalam pola pesanan yang memerlukan perhatian lebih lanjut. Penerapan CUSUM chart dalam penelitian ini terbukti efektif untuk mendeteksi perubahan kecil dalam data yang tidak terdeteksi oleh metode pengendalian lainnya, memberikan wawasan yang lebih cepat terhadap perubahan dalam proses pemesanan.

**Kata Kunci:** CUSUM, Pengendalian Kualitas, Statistik

### ABSTRACT

*This study uses a CUSUM chart (Cumulative Sum Control Chart) to detect changes in the number of daily orders. The data used consists of 111 observations that record the number of orders each day. Positive CUSUM (C+) and Negative CUSUM (C-) are calculated to identify significant changes in the order pattern. The results of the analysis show that there is a significant number of orders, detected through C+, as well as a continuous decrease in orders, detected through C-. Although no C+ value exceeds the decision limit  $H=9$ , the decrease in C- indicates instability in the order pattern that requires further attention. The application of the CUSUM chart in this study has proven to be effective in detecting small changes in data that are not detected by other control methods, providing faster insight into changes in the ordering process.*

**Keywords:** CUSUM, Quality Control, Statistic

### Article History

Received: Juni 2025  
Reviewed: Juni 2025  
Published: Juni 2025

Plagirism Checker No 223  
DOI :

10.8734/Trigo.v1i2.365

Copyright : Author

Publish by : Trigonometri



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## PENDAHULUAN

Dalam era persaingan yang semakin ketat, pengendalian kualitas dan analisis data secara real time menjadi aspek krusial dalam peningkatan efektivitas operasional dan pengambilan keputusan. Salah satu metode statistik yang terbukti handal dalam mendeteksi pergeseran kecil pada proses produksi maupun penjualan adalah grafik kendali CUSUM (Cumulative Sum Control Chart). Penelitian ini membahas penerapan metode tabular CUSUM pada data pesanan harian produk cetakan. Fokus utama penelitian ini adalah analisis mekanisme perhitungan dan

penentuan parameter proses, penentuan nilai kendali, serta penerapan metode tersebut pada dataset penjualan harian produk cetakan yang bersifat individu.

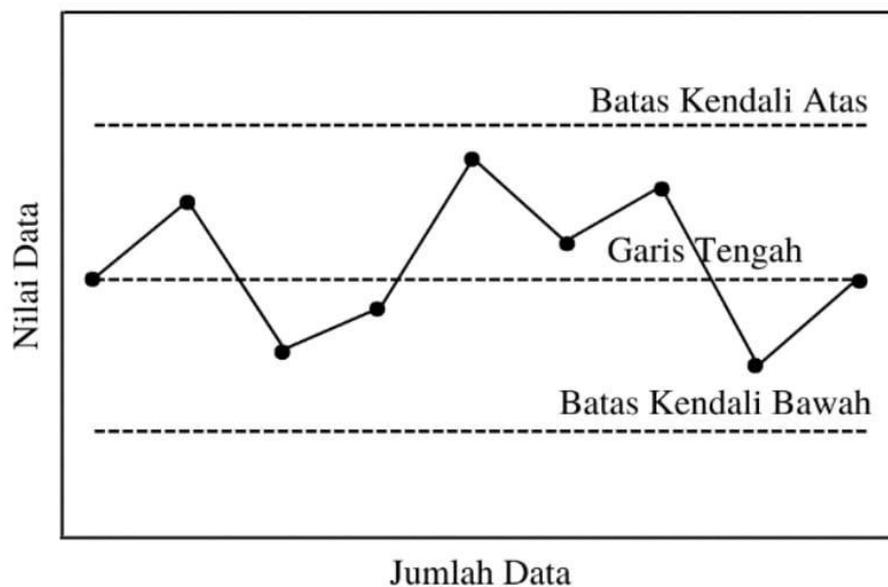
Dalam konteks penelitian ini, data pesanan harian diperlakukan sebagai data individu. Karena data ini tidak dikelompokkan, penaksiran nilai simpangan baku ( $\sigma$ ), sehingga parameter-parameter pada rumus CUSUM dapat diestimasi secara akurat. Penerapan metode tabular CUSUM secara dua sisi memungkinkan deteksi perubahan signifikan dalam peningkatan maupun penurunan pesanan, memberikan alarm dini apabila terjadi penyimpangan dari target yang telah ditetapkan.

Penelitian ini tidak hanya menggali teori di balik grafik kendali CUSUM, tetapi juga menyediakan panduan praktis dalam menghitung parameter-parameter proses, menentukan nilai kendali, serta penerapan nyata pada data penjualan harian produk cetakan. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat memberikan masukan strategis mengenai perbaikan manajemen pesanan dan meningkatkan efektivitas operasional perusahaan.

## TINJAUAN PUSTAKA

### 1. Pengendalian Kualitas Statistik (Statistical Quality Control)

Pengendalian kualitas statistik (Statistical Quality Control) adalah kumpulan alat untuk memantau serta memelihara kualitas produk maupun jasa. Manfaat dari pengendalian kualitas statistik adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Peta Kendali

- Sebagai sarana untuk mendeteksi kesalahan pada proses.
- Mengurangi biaya proses.
- Mengurangi penolakan barang dan menghemat biaya material.
- Menunjukkan hambatan atau titik permasalahan.

Penerapan pengendalian kualitas statistik perlu untuk ditekankan, karena dengan adanya alat tersebut maka perusahaan dapat meminimalisir produk yang tidak sesuai dan memikat konsumen untuk membeli produk dari perusahaan

### 2. Peta Kendali

Peta kendali merupakan alat utama dalam pengendalian kualitas statistik yang digunakan sebagai alat pemantauan serta peningkatan proses yang sedang berjalan[5]. Secara spesifik, peta kendali digunakan untuk memantau apakah proses berada dalam kendali (in control) atau di luar kendali (out of control). Kondisi out of control terjadi sebab produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi perusahaan ataupun keinginan

pelanggan. Terdapat tiga garis yang ditunjukkan pada Gambar 1. Pertama adalah garis tengah yang mengindikasikan pusat dari proses, selain itu garis tengah mewakili nilai rata-rata dari proses. Dua garis lain merupakan dua batas, yaitu batas kendali atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB). Dua batas inilah yang dijadikan dasar dalam mengambil keputusan suatu proses.

Jenis peta kendali ada dua, yaitu peta kendali atribut dan peta kendali variabel. Peta kendali atribut merupakan peta kendali yang berlandaskan sifat, sehingga data yang diklasifikasikan didasarkan pada sifat baik atau buruk, cacat atau tidak. Jenis atribut meliputi peta kendali  $p, np, c, u$ . Jenis berikutnya, yaitu peta kendali variabel merupakan peta kendali yang menggunakan data yang diukur. Bentuk penyampaian informasi dari peta kendali variabel dapat melalui peta kendali  $\bar{x}$  Shewhart dengan meninjau simpangan baku yang dinamakan peta kendali  $\bar{x} - s$ , atau dengan meninjau rentang yang dinamakan  $\bar{x} - R$ , CUSUM, ataupun EWMA.

Penyusunan peta kendali memerlukan nilai mean ( $\mu$ ) dan simpangan baku ( $\sigma$ ). Nilai tersebut diperoleh melalui salah satu dari dua kemungkinan yaitu pertama, mean dan simpangan baku berdasarkan standar yang ditetapkan perusahaan atau yang kedua dilakukan penaksiran. Dalam penaksiran, nilai  $\bar{\mu}_0$  menyatakan rata-rata dari seluruh rata-rata setiap pengamatan, sedangkan  $\hat{\sigma}$  menyatakan estimasi dari simpangan baku.

### 3. Pengendalian Kualitas Statistik dan Grafik Kendali

Pengendalian kualitas statistik (Statistical Process Control, SPC) merupakan kumpulan metode yang digunakan untuk memonitor dan mengendalikan proses produksi atau operasional agar tetap berada dalam kondisi terkendali. Beberapa alat grafis kendali yang umum digunakan antara lain:

- 1) Grafik Shewhart: Memantau nilai individu atau rata-rata sampel secara periodik. Grafik ini efektif untuk mendeteksi perubahan besar, tetapi kurang sensitif terhadap pergeseran kecil.
- 2) Grafik EWMA (Exponentially Weighted Moving Average): Memberikan bobot lebih besar pada data terbaru sehingga lebih responsif terhadap perubahan tren jangka pendek.
- 3) Grafik CUSUM (Cumulative Sum Control Chart): Mengakumulasi deviasi nilai aktual dari nilai target untuk mendeteksi pergeseran kecil dengan lebih cepat.

Studi perbandingan menunjukkan bahwa grafik Shewhart dan EWMA lebih cocok untuk mendeteksi perubahan signifikan ( $>10\%$ ), sedangkan CUSUM memiliki keunggulan dalam mendeteksi pergeseran kecil ( $<10\%$ ) secara lebih cepat. Hal ini terutama penting dalam konteks pengawasan proses yang membutuhkan respons cepat terhadap gangguan kecil sehingga dapat dicegah berkembang ke keadaan yang lebih kritis.

### 4. Konsep CUSUM Chart

Grafik kendali CUSUM merupakan salah satu alat dalam Statistical Process Control (SPC) yang dirancang untuk mendeteksi perubahan kecil pada proses secara lebih cepat dibandingkan dengan grafik kendali tradisional, seperti grafik Shewhart. Metode CUSUM mengakumulasi penyimpangan antara nilai pengamatan dan nilai target dari waktu ke waktu, sehingga memberikan sinyal apabila akumulasi penyimpangan melebihi ambang batas yang telah ditentukan.

Dalam penerapannya, terdapat dua jenis grafik kendali CUSUM, yaitu tabular (algoritmik) dan V-mask CUSUM. Penelitian ini akan membahas penerapan metode tabular karena fleksibilitasnya dalam analisis data individu. Dalam metode tabular CUSUM, terdapat dua komponen utama, yaitu upward CUSUM (CUSUM positif) dan downward CUSUM (CUSUM negatif). Nilai upward CUSUM adalah akumulasi dari penyimpangan positif yang menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan dalam proses, sedangkan downward CUSUM mengakumulasi penyimpangan negatif sebagai indikasi penurunan kinerja pihak proses. Konsep dasar dan keunggulan grafik CUSUM telah diterapkan dalam berbagai bidang, seperti industri manufaktur, kesehatan, dan pengendalian mutu produk.

## 5. Rumus Perhitungan Tabular CUSUM Chart

Cara kerja Tabular CUSUM adalah dengan mengakumulasi derivasi dari  $\mu_0$  yang berada di atas nilai target yang dilambangkan dengan  $C_i^+$  dan  $C_i^-$  untuk pergeseran di bawah nilai target. Nilai  $C_i^+$  dan  $C_i^-$  dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} C_i^+ &= \max[0, x_i - (\mu_0 + k) + C_{i-1}^+] \\ C_i^- &= \max[0, (\mu_0 - k) - x_i + C_{i-1}^-] \\ C_0^+ &= C_0^- = 0 \end{aligned}$$

Nilai K diperoleh dari:

$$\begin{aligned} K &= k\sigma \times K = k\sigma_{\bar{x}} \\ \sigma_{\bar{x}} &= \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \end{aligned}$$

Keterangan:

- $C_i^+$  : upward CUSUM ke-i
- $C_i^-$  : downward CUSUM ke-i
- $\mu_0$  : nilai target
- $x_i$  : nilai rata-rata pengamatan ke-i
- $K$  : nilai kelonggaran
- $\sigma_{\bar{x}}$  : simpangan baku

Nilai  $k$  biasanya dipilih dari setengah pergeseran yang dianggap cukup penting untuk dideteksi.

## 6. Aplikasi CUSUM dalam Industri Penjualan Produk

Dalam industri e-commerce, data pesanan harian merupakan indikator penting untuk memahami kinerja penjualan dan operasional. Penerapan CUSUM Chart memungkinkan pengawasan real-time terhadap fluktuasi pesanan, sehingga pergeseran kecil yang terjadi dapat segera diidentifikasi. Misalnya, jika terjadi penurunan jumlah pesanan secara mendadak atau peningkatan yang tidak terduga, manajemen dapat segera mengambil tindakan korektif untuk menghindari dampak yang lebih besar. Dalam konteks ini, grafik CUSUM tidak hanya berfungsi sebagai alat deteksi dini, tetapi juga sebagai indikator efektivitas kebijakan manajerial dan strategi pemasaran.

## METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode CUSUM (Cumulative Sum Control Chart) untuk mendeteksi perubahan dalam jumlah pesanan harian. Data yang digunakan terdiri dari 111 observasi jumlah pesanan harian, dengan observasi pertama hingga ke-20 digunakan untuk menghitung rata-rata awal ( $\mu_0$ ) dan observasi ke-21 hingga ke-111 digunakan untuk menghitung rata-rata setelah pergeseran ( $\mu_1$ ). Nilai pergeseran dihitung sebagai selisih antara  $\mu_1$  dan  $\mu_0$ , dan nilai referensi ( $K$ ) ditetapkan sebagai setengah dari pergeseran yang ingin dideteksi. Dua peta kendali CUSUM dihitung untuk mendeteksi perubahan signifikan: CUSUM Positif (C+) untuk mendeteksi peningkatan jumlah pesanan dan CUSUM Negatif (C-) untuk mendeteksi penurunan jumlah pesanan. Nilai batas keputusan ( $H=9$ ) dipilih untuk memberikan sinyal out-of-control jika nilai CUSUM melebihi batas tersebut. Hasil dari CUSUM kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik dengan garis batas atas dan bawah untuk mendeteksi perubahan signifikan. Evaluasi dilakukan untuk melihat apakah ada pergeseran dalam pola pesanan yang memerlukan intervensi lebih lanjut.

### 1. Jenis Data dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder kuantitatif yang bersumber dari situs Kaggle. Dataset tersebut berisi informasi data penjualan produk cetakan milik sebuah perusahaan. Data yang tersedia mencatat jumlah pesanan produk yang terjual (harian) dan telah disesuaikan oleh penyedia untuk menjaga kerahasiaan perusahaan, sehingga hanya mencakup variabel-variabel yang aman untuk dipublikasikan.

## 2. Asumsi dan Parameter

Beberapa asumsi utama dalam penelitian ini adalah:

- 1) Data merupakan observasi individual (bukan subgroup), dengan nilai pengukuran tunggal per hari.
- 2) Nilai target,  $\mu_0$  ditentukan berdasarkan data historis sebelum perubahan terjadi.
- 3) Pergeseran kecil yang ingin dideteksi adalah sebesar  $\delta$ , dengan nilai referensi  $K = \delta/2$ .
- 4) Batas keputusan ( $H$ ) ditetapkan pada 5, yang akan menentukan kapan sinyal “out-of-control” muncul.

## 3. Penentuan Parameter Proses

Karena data penjualan dicatat secara harian tanpa pengelompokan ke dalam subgroup, maka analisis dilakukan dengan menganggap data sebagai pengamatan individu (individual observations). Parameter proses yang ditentukan meliputi:

### a. Rata-rata Proses ( $\mu_0$ )

Rata-rata proses ( $\mu_0$ ) merupakan nilai rata-rata dari seluruh data pengamatan yang digunakan untuk memantau kestabilan proses. Untuk menghitung rata-rata proses dalam konteks peta kendali CUSUM, digunakan rumus rata-rata dari seluruh pengamatan.

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

dimana:

$x_i$  = nilai pengamatan ke- $i$  (jumlah orderan per hari)

$n$  = banyaknya pengamatan

### b. Simpangan Baku Proses ( $\sigma$ )

Simpangan baku ( $\sigma$ ) digunakan untuk mengukur variasi dalam data. Dalam peta kendali CUSUM, simpangan baku digunakan untuk menentukan sejauh mana penyimpangan dapat diterima sebelum sinyal out-of-control dikeluarkan.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

dimana:

$\sigma$  = simpangan baku proses

$n$  = jumlah pengamatan

$X_i$  = nilai pengamatan ke- $i$

$\bar{X}$  = rata-rata proses

### c. Nilai Referensi ( $K$ )

Nilai referensi  $K$  adalah nilai yang digunakan untuk mendeteksi pergeseran dalam proses. Biasanya, nilai  $K$  diatur sebagai setengah dari pergeseran yang dianggap cukup signifikan untuk dideteksi oleh CUSUM. Nilai  $K$  ini juga mempengaruhi sensitivitas dari peta kendali.

$$K = \frac{\delta}{2}$$

dimana:

$K$  = nilai referensi

$\delta$  = pergeseran yang dianggap signifikan dalam proses (misalnya, perbedaan yang cukup besar antara nilai rata-rata dan target).

### d. Batas Keputusan ( $H$ )

Batas keputusan  $H$  adalah nilai ambang yang digunakan untuk memutuskan apakah sebuah sinyal dianggap out-of-control atau tidak. Jika nilai CUSUM melebihi batas ini, maka sinyal out-of-control dikeluarkan, yang mengindikasikan bahwa ada pergeseran dalam proses yang perlu diperhatikan.

$$H = \frac{\sigma}{K}$$

dimana:

$H$  = batas keputusan

$\sigma$  = simpangan baku proses

$K$  = nilai referensi

#### 4. Perhitungan dan Penyusunan CUSUM Chart

Untuk setiap data hari ke- $i$  dengan jumlah pesanan  $x_i$  perhitungan dilakukan sebagai berikut:

a. Perhitungan penyimpangan

Hitung selisih antara  $x_i$  dan target  $\mu_0$

b. Kalkulasi nilai positif dan negative CUSUM

CUSUM positif

$$C_i^+ = \max[0, x_i - (\mu_0 + k) + C_{i-1}^+]$$

Dan

CUSUM negatif

$$C_i^- = \max[0, (\mu_0 - k) - x_i + C_{i-1}^-]$$

dimana Nilai awal  $C_0^+ = C_0^- = 0$

c. Penentuan sinyal out-control

Jika salah satu dari  $C_i^+$  dan  $C_i^-$  melebihi nilai kendali yang telah ditentukan  $C < h$  (disebut juga nilai ambang), maka proses akan mengeluarkan sinyal telah berada diluar kendali.

#### 5. Proses Deteksi dan Tindakan Korektif

Setelah perhitungan, proses deteksi meliputi:

- 1) Memantau grafik CUSUM secara real time.
- 2) Mendeteksi titik di mana nilai CUSUM melewati batas  $H$ .
- 3) Mengidentifikasi arah perubahan (peningkatan positif atau penurunan negatif).
- 4) Menyusun rekomendasi tindakan korektif berdasarkan interpretasi grafik.

Proses ini memungkinkan manajemen untuk segera menginvestigasi penyebab pergeseran dan mengimplementasikan strategi perbaikan yang tepat.

#### 6. Visualisasi Data dan Perbandingan Grafik Kendali

Untuk memperjelas analisis, dilakukan visualisasi terhadap:

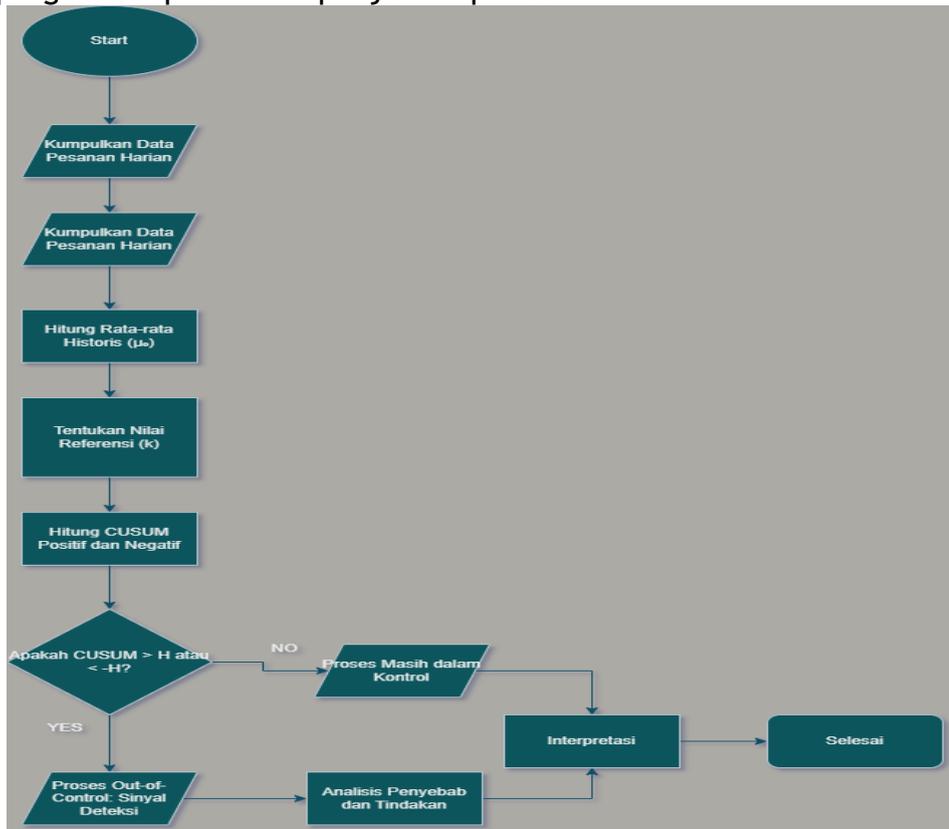
- 1) Grafik time series data pesanan harian yang asli.
- 2) Grafik CUSUM hasil perhitungan untuk mendeteksi pergeseran.
- 3) Perbandingan grafik antara metode CUSUM, Shewhart, dan EWMA.

Visualisasi ini akan membantu memberikan gambaran yang jelas mengenai keunggulan masing-masing metode dalam mendeteksi pergeseran kecil.

**Tabel 1:** Perbandingan Sensitivitas dan Kemampuan Deteksi Metode Grafik Kendali

Metode Grafik Kendali	Sensitivitas terhadap Pergeseran Kecil	Kemudahan Interpretasi	Kecepatan Deteksi	Keterangan
Shewhart Chart	Rendah	Tinggi	Lambat	Cocok untuk perubahan besar
EWMA Chart	Sedang	Sedang	Sedang	Responsif terhadap tren jangka pendek
CUSUM Chart	Tinggi	Sedang	Cepat	Sangat efektif untuk pergeseran kecil

Flowchart berikut ini merupakan diagram alur proses penerapan CUSUM dalam mendeteksi pergeseran pada data penjualan produk.



Gambar 2: Floswchart Penerapan CUSUM untuk Deteksi Pergeseran

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Penerapan CUSUM Chart

Setelah dilakukan pengumpulan dan pengolahan data pesanan harian produk cetakan, langkah selanjutnya adalah menerapkan metode tabular CUSUM untuk mengevaluasi apakah terdapat sinyal out-of-control yang menandakan perubahan signifikan dalam proses pemesanan.

Pada penelitian ini, target  $\mu_0$  ditetapkan berdasarkan rata-rata histori pesanan selama hari 1 sampai hari 20 dan target  $\mu_1$  ditetapkan berdasarkan rata-rata histori pesanan selama hari 21 sampai hari 111. Tujuan dari diberlakukannya perbedaan  $\mu_0$  dan  $\mu_1$  ini adalah untuk melihat selisih pergeseran antara dua nilai rata-rata ini. Nantinya pergeseran ini dimaksudkan untuk mendeteksi perubahan bertahap dalam proses. Jadi berdasarkan data yang sudah dimiliki, dapat diketahui nilai  $\mu_0 = 2,25$  dan nilai  $\mu_1 = 3,450549451$ .

Dalam penerapannya, nilai  $K$  ditetapkan sebagai  $\frac{1}{2}$  dari pergeseran nilai  $\mu_0$  dan  $\mu_1$ , sebelumnya telah diketahui nilai  $\mu_0$  dan  $\mu_1$  dan pergeserannya sekitar  $0,527440278$ , sehingga nilai  $K = \frac{0,527440278}{2} = 0,263720139$  yang telah mencerminkan sensitivitas yang diinginkan untuk mendeteksi pergeseran kecil dalam pesanan. Setelah itu dicari nilai simpangan baku, melalui bantuan excel, didapat nilai simpangan baku sebesar  $2,276180832$ . Lalu dicari juga batas keputusannya dengan membagi simpangan baku dengan nilai  $K$  dengan nilai :  $H = \frac{2,276180832}{0,263720139} = 8,781$

Dengan menggunakan rumus perhitungan CUSUM yang telah dijelaskan sebelumnya, diperoleh nilai CUSUM positif dan negatif untuk setiap hari. Hasil perhitungan ini diplot dalam grafik kendali dengan nilai kendali (control limit) yang telah ditentukan. Untuk perhitungan nilai CUSUM serta visualisasi grafik CUSUM dilakukan menggunakan R untuk mempermudah analisis.

## 2. Perhitungan Upward dan downward CUSUM Chart

Berikut adalah table yang menggambarkan hasil perhitungan CUSUM untuk subset data selama 111 hari:

**Tabel 2.** Nilai CUSUM pada Data Penjualan Produk per Harian

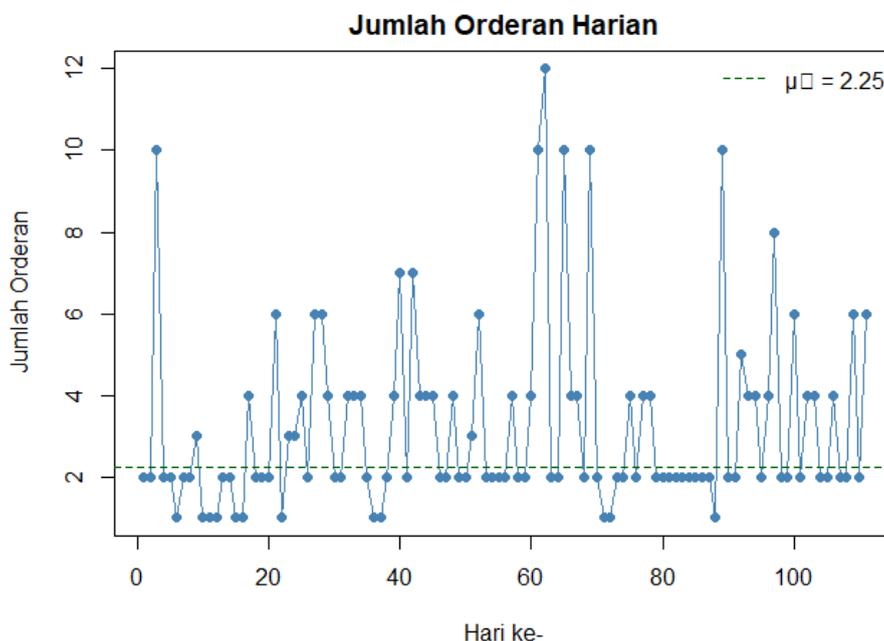
Harian	Jumlah Orderan	Cplus	Cminus
1	2	0.0000000	0.0000000
2	2	0.0000000	0.0000000
3	10	7.4862799	0.0000000
4	2	6.9725597	0.0000000
...	...	...	...
109	6	2.2857304	-7.47317246
110	2	0.5714608	-8.66000177
111	6	2.8571912	-5.84683109

Berdasarkan tabel CUSUM C+ dan C-, dapat dilihat bahwa ada beberapa lonjakan pesanan signifikan yang terdeteksi, terutama pada C+, yang melebihi batas keputusan  $H=9$ , seperti pada observasi ke-62 sampai ke-78. Ini menunjukkan adanya peningkatan tajam dalam jumlah pesanan pada titik-titik tersebut, yang dapat disebabkan oleh faktor eksternal seperti promosi atau perubahan musiman. Lonjakan ini perlu dievaluasi lebih lanjut untuk menentukan penyebabnya.

Di sisi lain, C- menunjukkan penurunan pesanan yang signifikan pada beberapa observasi, meskipun nilai C- tidak melampaui batas bawah  $H=-9$ . Penurunan yang terdeteksi pada observasi ke-80 sampai ke-96 menunjukkan adanya fluktuasi dalam jumlah pesanan yang bisa mengindikasikan masalah dalam proses atau faktor lain yang mempengaruhi permintaan. Secara keseluruhan, CUSUM chart berhasil mendeteksi perubahan kecil dan memberikan sinyal dini mengenai ketidakstabilan dalam pola pesanan yang memerlukan perhatian lebih lanjut.

## 3. Analisis Trend dan Deteksi Sinyal

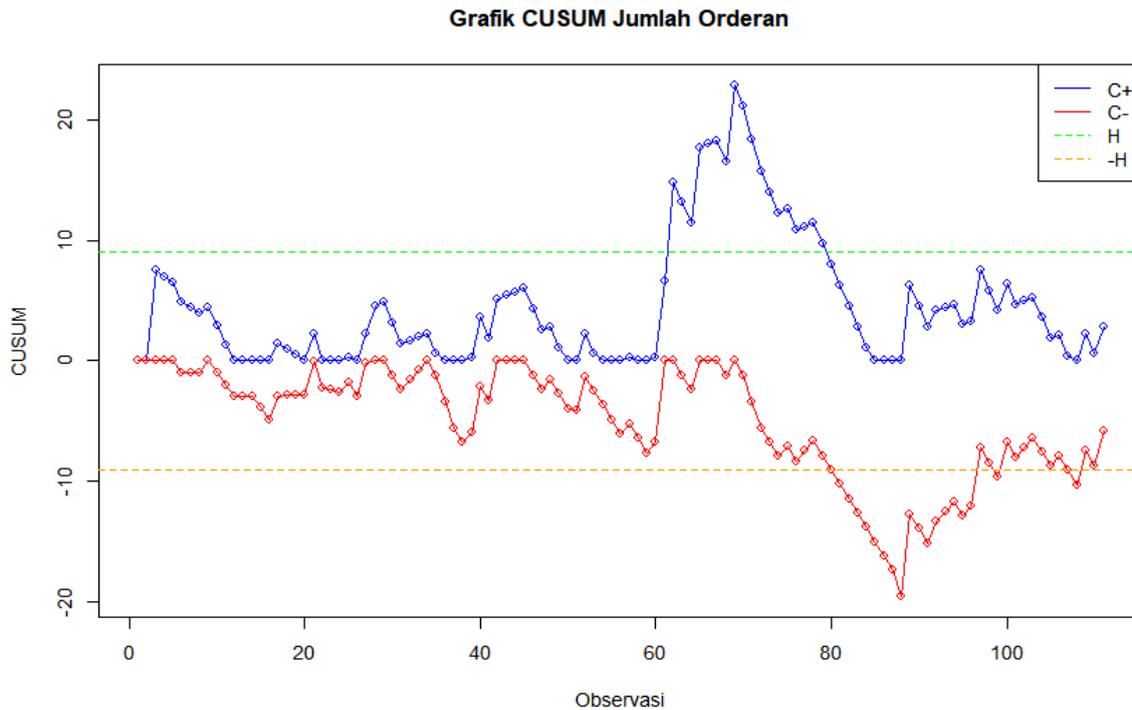
Untuk memahami dinamika pola pemesanan harian, dilakukan analisis tren berdasarkan data jumlah orderan harian serta visualisasi hasil perhitungan grafik kendali CUSUM. Analisis ini bertujuan untuk mendeteksi adanya indikasi perubahan kecil (small shifts) dalam proses pemesanan yang mungkin tidak terdeteksi oleh grafik kendali konvensional.



**Gambar 3.** Grafik Jumlah Orderan Harian (selama 111 hari).

Secara visual, terlihat bahwa mayoritas jumlah pesanan berkisar antara 1 hingga 4 per hari, dengan beberapa lonjakan signifikan hingga di atas 10 pada hari ke-61 hingga ke-65. Rata-rata historis ( $\mu_0$ ) ditunjukkan oleh garis putus-putus pada level 2.25. Fluktuasi ini mengindikasikan adanya variabilitas proses yang perlu ditinjau lebih lanjut secara statistik.

Untuk itu, diterapkan metode CUSUM Chart sebagai alat deteksi dini terhadap pergeseran kecil dalam proses pemesanan. Berikut adalah hasil visualisasi grafik CUSUM dua sisi (C+ dan C-):



**Gambar 4.** Grafik CUSUM

Secara keseluruhan, grafik ini memberikan gambaran yang jelas tentang perubahan signifikan dalam jumlah pesanan, baik dalam bentuk lonjakan maupun penurunan. Peningkatan tajam dalam C+ yang melampaui batas atas H menunjukkan adanya pergeseran positif yang perlu dianalisis lebih lanjut untuk memahami penyebab lonjakan tersebut. Sementara itu, penurunan yang terjadi pada C-, meskipun tidak melewati batas bawah -H, tetap menunjukkan adanya ketidakstabilan dalam pola pesanan yang bisa memerlukan perhatian lebih lanjut. CUSUM chart dalam hal ini efektif untuk mendeteksi perubahan kecil yang tidak terdeteksi oleh grafik kendali tradisional, memberikan sinyal dini tentang potensi masalah atau perubahan dalam pola permintaan.

#### 4. Pembahasan Kelebihan dan Keterbatasan

Kelebihan CUSUM Chart:

- 1) Sensitivitas Tinggi: Kemampuan mendeteksi pergeseran kecil secara cepat terbukti melalui simulasi, dimana nilai CUSUM melewati batas H segera setelah terdapat perubahan pada nilai rata-rata .
- 2) Deteksi Dini: Dengan mendeteksi perubahan secara awal, manajemen dapat segera melakukan tindakan korektif sehingga dampak negatif dapat diminimalisasi .
- 3) Aplikasi Luas: Selain industri e-commerce, metode ini dapat diaplikasikan pada berbagai sektor seperti manufaktur, kesehatan, dan pelayanan publik .

Keterbatasan CUSUM Chart:

- 1) Kompleksitas Perhitungan: Dibandingkan dengan grafik Shewhart, metode CUSUM membutuhkan perhitungan yang lebih kompleks dan keterampilan analitis yang tinggi untuk menentukan nilai k dan H dengan tepat .

- 2) Asumsi Distribusi: Hasil perhitungan optimum bergantung pada asumsi distribusi data yang mendekati distribusi normal, sehingga perlu dilakukan transformasi data jika distribusi tidak normal.
- 3) Keterbatasan Visualisasi: Meskipun grafik CUSUM memberikan informasi kumulatif yang mendalam, interpretasinya dapat menjadi kurang intuitif dibandingkan grafik individu yang lebih sederhana.

## 5. Implikasi Praktis Bagi Industri

Penerapan CUSUM Chart menawarkan manfaat praktis dalam pengawasan kualitas. Di industri, deteksi dini pergeseran pada data pesanan dapat membantu:

- Menyesuaikan strategi pemasaran dan promosi secara lebih dinamis.
- Mengidentifikasi masalah operasional, seperti keterlambatan pengiriman atau kegagalan sistem, sebelum mempengaruhi kinerja secara besar-besaran.
- Mengoptimalkan perencanaan sumber daya dengan memprediksi lonjakan atau penurunan aktivitas secara lebih akurat.

Selain itu, integrasi metode CUSUM dengan sistem monitoring otomatis dapat meningkatkan efisiensi manajemen risiko serta mempercepat respons terhadap perubahan dinamis dalam proses bisnis.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis CUSUM chart pada data jumlah pesanan, terlihat adanya fluktuasi signifikan yang menunjukkan perubahan baik dalam bentuk peningkatan maupun penurunan pesanan yang perlu diperhatikan. Lonjakan yang terdeteksi pada CUSUM Positif (C+) menunjukkan adanya periode peningkatan pesanan yang tidak terduga, sementara penurunan yang terdeteksi melalui CUSUM Negatif (C-) menunjukkan ketidakstabilan dalam pola pesanan. Hal ini mengindikasikan bahwa proses pemesanan mengalami perubahan yang tidak selalu sesuai dengan target yang diinginkan.

Untuk mengatasi masalah ini, penting bagi pengelola untuk melakukan peninjauan kembali terhadap proses pemesanan dan faktor-faktor eksternal yang mungkin mempengaruhi fluktuasi permintaan, seperti perubahan musiman, promosi, atau gangguan dalam rantai pasokan. Penggunaan metode prediktif seperti model peramalan berbasis tren atau analisis musiman dapat membantu mempersiapkan perusahaan menghadapi fluktuasi permintaan yang mendadak dan memungkinkan pengelolaan stok yang lebih efisien.

Selain itu, untuk mencegah masalah berulang, pengelola dapat mengimplementasikan kontrol kualitas yang lebih ketat pada setiap tahap pemesanan, seperti menggunakan sistem pemantauan real-time yang memungkinkan deteksi dini terhadap perubahan dalam pola pesanan dan memberi peringatan lebih cepat jika terjadi perubahan yang signifikan. Dengan demikian, penerapan CUSUM chart yang dilengkapi dengan strategi perbaikan berbasis data akan meningkatkan stabilitas dan efisiensi dalam proses pengelolaan pesanan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Balsyte, D., Schäffer, L., Burkhardt, T., Wisser, J., Zimmermann, R., & Kurmanavicius, J. (2010). Continuous independent quality control for fetal ultrasound biometry provided by the cumulative summation technique. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 35(4), 449-455. <https://doi.org/10.1002/uog.7545>
- Chang, W. R., & McLean, I. P. (2006). CUSUM: A tool for early feedback about performance? *BMC Medical Research Methodology*, 6, 1-5. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-6-8>
- Dominiak, K. N., Hindsborg, J., Pedersen, L. J., & Kristensen, A. R. (2018). Area-specific predictions of unwanted events using multivariate modeling of water data. *2nd International Conference on Agro Big Data and Decision Support Systems in Agriculture*, 2018, 27-30.
- Hamed, M. S., Mansour, M. M., & Elrazik, E. M. A. B. D. (2016). Mcusum Control Chart Procedure:

- Monitoring the Process Mean With Application. *Journal of Statistics: Advances in Theory and Applications*, 16(1), 105-132. [https://doi.org/10.18642/jsata\\_7100121721](https://doi.org/10.18642/jsata_7100121721)
- Montgomery, D.C. (2009) Introduction to Statistical Quality Control. 7th Edition, John Wiley & Sons, New York.
- Rashid, K. M. J. (n.d.). *Design Tukey ' s Control Chart and mix with CUSUM Control Chart Article info Design Tukey ' s Control Chart and mix with CUSUM Control Chart. May 2023.*
- Setyorini, E. Y., & Surjanto, S. D. (2023). Perbandingan Kinerja Peta Kendali CUSUM dan EWMA dalam Pengendalian Kualitas FJLB di PT Serbaguna Prima. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 12(1). <https://doi.org/10.12962/j23373520.v12i1.90179>