



BAB I PENDAHULUAN

Belakang

Kualitas dapat dipahami sebagai kesesuaian suatu produk atau layanan dalam memenuhi atau bahkan melampaui harapan konsumen (Setyorini & Surjanto, 2023). Dalam era persaingan yang semakin ketat, kualitas menjadi salah satu kunci utama untuk menjaga daya saing sekaligus meningkatkan kepuasan pelanggan. Oleh karena itu, perusahaan dari berbagai sektor, baik manufaktur maupun jasa, perlu memastikan bahwa produk dan layanan yang mereka hasilkan tetap konsisten dan sesuai dengan standar mutu yang ditetapkan. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam memastikan kualitas adalah pengendalian kualitas statistik (*Statistical Quality Control*) (Khomah & Rahayu, 2015). Pengendalian kualitas statistik adalah seperangkat alat yang memungkinkan perusahaan untuk memantau, mengevaluasi, dan menjaga kualitas secara berkesinambungan.

Salah satu alat penting dalam pengendalian kualitas adalah peta kendali. Peta kendali adalah alat untuk memvisualisasikan data proses terhadap batas kendali, sehingga variasi yang terjadi dapat dikategorikan sebagai terkendali dan tidak terkendali (Hignasari, 2020). Peta kendali dibagi menjadi dua jenis. Pertama, peta kendali *non-memory-type*, yaitu peta kendali yang hanya menggunakan informasi saat ini dan mengabaikan data sebelumnya. Salah satu contohnya adalah peta kendali klasik seperti *Shewhart* yang relatif efektif untuk mendeteksi perubahan besar pada proses, tetapi kurang sensitif terhadap perubahan kecil (Aslam dkk., 2016). Kedua, peta kendali *memory-type*. Peta kendali jenis *memory-type* adalah peta kendali yang menggunakan baik data saat ini maupun data masa lalu untuk meningkatkan sensitivitas dalam mendeteksi perubahan kecil dalam proses. Peta kendali jenis *memory-type* antara lain *Cumulative Sum* (CUSUM), *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA), *Generally Weighted Moving Average* (GWMA), dan *Homogeneously Weighted Moving Average* (HWMA).

Peta kendali *Homogeneously Weighted Moving Average* (HWMA) pertama kali diperkenalkan oleh Abbas (2018) sebagai pengembangan dari peta kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) untuk mengatasi keterbatasan sistem pembobotan pada peta kendali EWMA. Peta kendali HWMA memberikan bobot tertentu pada data terbaru dan bobot yang tersisa didistribusikan secara homogen atau merata ke semua data sebelumnya. Oleh karena itu, peta kendali HWMA direkomendasikan ketika pengamatan terkini dari suatu karakteristik kualitas dianggap lebih penting, sementara itu kontribusi dari informasi sebelumnya juga diperlukan namun diperlakukan dalam proporsi yang sama. Selanjutnya, Riaz dkk. (2022) melakukan evaluasi terhadap kinerja peta kendali HWMA dengan membandingkannya dengan peta kendali EWMA pada kondisi *zero state* dan *steady state*. Mereka menemukan bahwa pada kondisi *zero state* peta kendali HWMA lebih efektif dalam mendeteksi pergeseran kecil hingga sedang. Namun, pada kondisi *steady state* kinerja peta kendali HWMA sangat dipengaruhi oleh parameter yang digunakan. Meskipun demikian, peta kendali HWMA yang dikembangkan oleh Abbas (2018) masih terbatas pada data variabel. Padahal,



kecacatan produk yang umum dijumpai dalam manufaktur merupakan yang bersifat atribut (Octavia dkk., 2000).

angapi keterbatasan tersebut, Adeoti dkk. (2022) mengembangkan peta MA berbasis distribusi *Conway-Maxwell Poisson* (CMP) yang dikenal dengan nama *Conway-Maxwell Poisson Homogeneously Weighted Moving Average* (CMP-HWMA). Distribusi CMP digunakan untuk mengatasi keterbatasan distribusi *Poisson* yang hanya memiliki satu parameter, yaitu parameter tingkat kejadian (λ) sehingga hanya sesuai untuk data dengan karakteristik equidispersi (variansi sama dengan rata-rata), sementara kondisi tersebut sering kali tidak terpenuhi. Pada beberapa kasus, data bisa menunjukkan karakteristik overdispersi (variansi data bisa lebih besar daripada rata-rata) atau underdispersi (variansi lebih kecil daripada rata-rata). Distribusi CMP merupakan generalisasi dari distribusi *Poisson* yang memiliki dua parameter, yaitu parameter lokasi (λ) dan parameter dispersi (ν) sehingga mampu menangani berbagai tingkat dispersi, baik overdispersi maupun underdispersi. Distribusi CMP pertama kali dikembangkan oleh Conway & Maxwell (1962), kemudian oleh Shmueli dkk. (2005) dan Sellers dkk. (2011). Hasil penelitian oleh Adeoti dkk. (2022) menunjukkan bahwa peta kendali CMP-HWMA memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan CMP-CUSUM, CMP-EWMA, dan CMP-GWMA berdasarkan nilai ARL. Adeoti dkk. (2022) juga menyimpulkan peta kendali CMP-HWMA efektif digunakan untuk data overdispersi dengan menggunakan nilai pembobot yang kecil.

PT Citra Van Titipan Kilat (TIKI) merupakan salah satu perusahaan jasa logistik terkemuka di Indonesia dengan jaringan yang luas dan pengalaman panjang dalam industri pengiriman. TIKI Sub Agen Belopa merupakan salah satu kantor perwakilan TIKI yang berlokasi di Jl. Poros Tanamai, Kabupaten Luwu, Sulawesi Selatan. Dalam proses operasionalnya, sering terjadi kendala pengantaran atau *Delivery Exception* (DEX) yang menyebabkan paket gagal diantar tepat waktu. Kegagalan pengantaran ini dapat memengaruhi kualitas pelayanan serta tingkat kepuasan pelanggan. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem pengendalian yang mampu memonitor dan mendeteksi adanya penyimpangan pada jumlah paket gagal antar.

Berdasarkan uraian di atas, dalam penelitian ini penulis mengkaji mengenai peta kendali *Conway-Maxwell Poisson Homogeneously Weighted Moving Average* (CMP-HWMA) untuk mendeteksi pergeseran rata-rata proses pada data jumlah paket yang mengalami kegagalan pengantaran di TIKI Sub Agen Belopa periode 13 Juli – 31 Agustus 2025 yang dituliskan dalam sebuah tugas akhir dengan judul **“Peta Kendali *Conway-Maxwell Poisson Homogeneously Weighted Moving Average* pada Data Kegagalan Pengantaran Paket.”**

1.2 Batasan Masalah

Berikut adalah batasan masalah dalam penelitian ini:

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data jumlah paket yang mengalami kegagalan pengantaran di TIKI Sub Agen Belopa selama periode 13 Juli 2025 sampai dengan 31 Agustus 2025.
2. Peta kendali *Conway-Maxwell Poisson Homogeneously Weighted Moving Average* (CMP-HWMA) dibentuk menggunakan nilai pembobot $\omega = 0,05; 0,1; 0,25; 0,5$ dan $0,9$.



uasi kinerja peta kendali *Conway-Maxwell Poisson Homogeneously Weighted Moving Average* (CMP-HWMA) dilakukan berdasarkan nilai *Average Length* (ARL) saat terjadi pergeseran pada parameter lokasi (λ) dan pergeseran pada parameter dispersi (ν) yang diperoleh melalui simulasi *Monte Carlo*.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah yang telah diuraikan, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membentuk peta kendali *Conway-Maxwell Poisson Homogeneously Weighted Moving Average* (CMP-HWMA) pada data jumlah paket yang mengalami kegagalan pengantaran di TIKI Sub Agen Belopa.
2. Mengevaluasi kinerja peta kendali *Conway-Maxwell Poisson Homogeneously Weighted Moving Average* (CMP-HWMA) berdasarkan nilai *Average Run Length* (ARL).

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam memperkaya literatur mengenai penerapan peta kendali *Conway-Maxwell Poisson Homogeneously Weighted Moving Average* (CMP-HWMA), serta menjadi acuan dalam pengembangan metode pengendalian kualitas statistik untuk data atribut.

1.5 Teori Pendukung

1.5.1 Pengendalian Kualitas Statistika

Pengendalian kualitas statistik (*Statistical Quality Control*) merupakan seperangkat alat yang menggunakan konsep statistik untuk memantau, mengendalikan, serta menjaga mutu produk maupun jasa (Setyorini & Surjanto, 2023). Tujuan utama pengendalian kualitas statistik adalah mendeteksi kesalahan dalam proses sedini mungkin agar dapat diminimalkan sebelum menimbulkan kerugian yang besar. Selain itu, pengendalian kualitas statistik juga bertujuan untuk menurunkan biaya akibat produk cacat, mengurangi jumlah penolakan, serta mengidentifikasi hambatan dalam proses produksi. Dalam praktiknya variasi dalam proses produksi terbagi menjadi dua jenis, yaitu *common cause variation* dan *special cause variation*. *Common cause variation* merupakan variasi wajar yang bersifat probabilistik dan dianggap bagian alami dari sistem. *Special cause variation* bersifat eratik dan tidak wajar sehingga menandakan adanya masalah serius yang perlu segera diperbaiki (Hignasari, 2020).

Untuk mendukung pelaksanaan pengendalian kualitas statistik, terdapat tujuh alat pengendalian kualitas yang dikenal sebagai *Seven Tools of Quality*. Alat-alat tersebut meliputi *check sheet*, diagram *Pareto*, *flowchart*, diagram sebab-akibat, histogram, peta kendali, dan diagram pencar (Nelwati dkk., 2015). Dari berbagai alat tersebut, peta kendali berperan penting sebagai alat untuk memantau kondisi proses secara *real time* (Putri dkk., 2025).



1 Kendali

ini pertama kali diperkenalkan oleh Walter A. Shewhart dari Bell Telephone yang kemudian dikenal sebagai peta kendali *Shewhart*. Shewhart dan peta kendali sebagai alat pengendalian kualitas statistik untuk memvisualisasikan data proses terhadap batas kendali, sehingga variasi yang terjadi dapat dikategorikan sebagai terkendali (*in-control*) dan tidak terkendali (*out-of-control*) (Hignasari, 2020). Tujuan utama penggunaan peta kendali adalah untuk memastikan proses berada pada kondisi terkendali, sekaligus memberikan sinyal dini jika terjadi penyimpangan. Proses yang terkendali menunjukkan variasi hanya berasal dari *common cause*, sedangkan proses tidak terkendali mengindikasikan adanya *special cause* yang harus segera diatasi (Saghir & Lin, 2014).

Komponen utama peta kendali terdiri atas garis tengah (*center line/CL*), batas kendali atas (*upper control limit/UCL*), dan batas kendali bawah (*lower control limit/LCL*). Garis tengah menggambarkan rata-rata proses dalam kondisi normal, sedangkan UCL dan LCL dirancang agar hampir semua titik data jatuh di dalamnya ketika proses berada dalam keadaan terkendali (Hignasari, 2020). Jika terdapat titik data yang melampaui batas ini, maka kondisi proses harus segera dievaluasi. Secara umum, peta kendali dirumuskan dengan:

$$LCL = \mu_x - 3\sigma \quad (1)$$

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

$$UCL = \mu_x + 3\sigma \quad (3)$$

Jenis peta kendali dibedakan berdasarkan tipe data yang digunakan. Untuk data variabel terdapat peta kendali $\bar{X}$, median, R, S, dan S^2 , sedangkan untuk data atribut digunakan peta kendali p, np, c, dan u (Trinandya Wijayanti dkk., 2020). Dalam kelompok peta kendali atribut, terdapat beberapa jenis seperti peta kendali p dan np yang berbasis distribusi binomial, serta peta kendali c dan u yang berbasis distribusi *Poisson* (Alevizakos & Koukouvinos, 2019). Peta-peta kendali klasik tersebut termasuk ke dalam peta kendali *non-memory-type*, yaitu peta kendali yang hanya menggunakan data saat ini dan mengabaikan data masa lalu. Sebaliknya, peta kendali *memory-type* merupakan peta kendali yang menggunakan baik data saat ini maupun data masa lalu. Peta kendali yang termasuk ke dalam peta kendali *memory-type* seperti *Cumulative Sum* (CUSUM), *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA), *Generally Weighted Moving Average* (GWMA), dan *Homogeneously Weighted Moving Average* (HWMA) yang lebih sensitif terhadap pergeseran kecil.

1.5.3 Peta Kendali *Homogeneously Weighted Moving Average*

Peta kendali *Homogeneously Weighted Moving Average* (HWMA) pertama kali diperkenalkan oleh Nasir Abbas pada tahun 2018 sebagai pengembangan dari peta kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA). Peta kendali HWMA merupakan salah satu jenis peta kendali *memory-type*. Peta kendali HWMA memberikan bobot tertentu pada data terbaru, sedangkan bobot yang tersisa didistribusikan secara merata ke data lampau (Abbas, 2018). Tujuan utama peta kendali HWMA adalah untuk memperbaiki distribusi bobot pada peta kendali EWMA yang cenderung memberikan bobot lebih besar pada data terbaru dan semakin kecil pada data lama.



akan karakteristik kualitas yang dimonitor berdistribusi normal, $X_{ij} \sim N(\mu, \sigma^2)$, $i = 1, 2, 3, \dots, n$ menyatakan indeks sampel dan $j = 1, 2, 3, \dots, m$ menyatakan indeks dalam suatu sampel. Diasumsikan bahwa parameter populasi adalah $\mu = \mu_0^2$. Statistik untuk peta kendali Hwma didefinisikan sebagai:

$$H_i = \omega \bar{X}_i + (1 - \omega) \bar{X}_{i-1} \quad (4)$$

di mana $\bar{X}_i$ adalah rata-rata sampel ke- i dan ω adalah nilai pembobot yang berfungsi sebagai parameter sensitivitas, dengan nilai $0 < \omega \leq 1$. Sementara itu, $\bar{X}_{i-1}$ adalah rata-rata kumulatif dari rata-rata sampel sebelumnya, yang didefinisikan sebagai:

$$\bar{X}_{i-1} = \frac{\sum_{k=1}^{i-1} \bar{X}_k}{i-1} \quad (5)$$

Batas kendali untuk peta kendali Hwma ditentukan sebagai:

$$LCL_i = \begin{cases} \mu_0 - C \sqrt{\frac{\omega^2 \sigma_0^2}{n}}, & \text{jika } i = 1 \\ \mu_0 - C \sqrt{\frac{\omega^2 \sigma_0^2}{n} + (1 - \omega)^2 \frac{\sigma_0^2}{n(i-1)}}, & \text{jika } i > 1 \end{cases} \quad (6)$$

$$CL = \mu_0 \quad (7)$$

$$UCL_i = \begin{cases} \mu_0 + C \sqrt{\frac{\omega^2 \sigma_0^2}{n}}, & \text{jika } i = 1 \\ \mu_0 + C \sqrt{\frac{\omega^2 \sigma_0^2}{n} + (1 - \omega)^2 \frac{\sigma_0^2}{n(i-1)}}, & \text{jika } i > 1 \end{cases} \quad (8)$$

Koefisien batas kendali C adalah konstanta penentu lebar batas kendali yang digunakan untuk menghitung batas kendali bawah (LCL) dan batas kendali atas (UCL). Koefisien C menentukan seberapa sensitif peta kendali terhadap perubahan dalam proses.

Tabel 1. Nilai Koefisien C

Nilai ARL ₀	Nilai Pembobot (ω)					
	0,03	0,05	0,1	0,25	0,5	0,75
100	1,580	1,790	2,160	2,500	2,568	2,574
200	1,843	2,123	2,514	2,766	2,802	2,807
300	2,020	2,333	2,710	2,909	2,933	2,934
400	2,158	2,489	2,840	3,004	3,021	3,023
500	2,272	2,608	2,938	3,075	3,089	3,090

Sumber: Abbas (2018)

Koefisien C ditentukan berdasarkan nilai ARL₀ yang diinginkan (Abid dkk., 2020). Tabel 1 menyajikan nilai-nilai C untuk berbagai kombinasi ω dan ARL₀. Nilai koefisien tersebut diperoleh melalui simulasi *Monte Carlo* sebanyak 100.000 kali pengulangan dengan mempertimbangkan parameter pergeseran yang didefinisikan sebagai $\delta = \frac{|\mu_1 - \mu_0|}{\sigma_0 / \sqrt{n}}$, di mana μ_1 merupakan rata-rata proses setelah mengalami pergeseran.



ribusi Conway-Maxwell Poisson

onway-Maxwell Poisson (CMP) merupakan generalisasi dari distribusi gan dua parameter, yaitu parameter lokasi (λ) dan paramater dispersi (ν) (2025). Distribusi CMP digunakan untuk pemodelan data cacah yang menunjukkan kondisi overdispersi, yaitu ketika variansi lebih besar daripada rata-rata maupun underdispersi, yaitu ketika variansi lebih kecil daripada rata-rata (Aslam dkk., 2017). Distribusi CMP pertama kali diperkenalkan oleh Conway & Maxwell (1962) untuk pemodelan sistem antrian dan waktu pelayanan yang bergantung pada keadaan. Adapun fungsi massa probabilitas dari peubah acak X yang mengikuti distribusi CMP dinyatakan sebagai berikut:

$$P(X = x; \lambda, \nu) = \frac{\lambda^x}{(x!)^\nu Z(\lambda, \nu)}, \quad \lambda > 0, \nu \geq 0, x = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (9)$$

dengan $Z(\lambda, \nu)$ merupakan fungsi partisi distribusi CMP yang juga berperan sebagai konstanta normalisasi yang didefinisikan sebagai:

$$Z(\lambda, \nu) = \sum_{s=0}^{\infty} \frac{\lambda^s}{(s!)^\nu} \quad (10)$$

Nilai harapan dan variansi dari peubah acak X yang mengikuti distribusi CMP secara aproksimasi diberikan oleh:

$$E(X) \approx \left(\lambda^{1/\nu} - \frac{\nu - 1}{2\nu} \right) \quad (11)$$

$$Var(X) \approx \frac{1}{\nu} \lambda^{1/\nu} \quad (12)$$

Pendekatan tersebut akurat untuk $\nu \leq 1$ atau $\lambda > 10^\nu$. Distribusi CMP tidak terdefinisi ketika $\nu = 0$ dan $\lambda \geq 1$. Secara umum, distribusi CMP bersifat underdispersi jika $\nu > 1$, dan overdispersi jika $\nu < 1$.

Estimasi parameter distribusi CMP dapat dilakukan dengan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Distribusi CMP merupakan anggota dari distribusi eksponensial, sehingga fungsi *log-likelihood* dinyatakan sebagai berikut (Sellers dkk., 2011):

$$\log L(x_1, \dots, x_n | \lambda, \nu) = \log \lambda \sum_{i=1}^n x_i - \nu \sum_{i=1}^n \log(x_i!) - n \log Z(\lambda, \nu) \quad (13)$$

Estimasi parameter dengan metode MLE dilakukan dengan cara memaksimumkan fungsi *log-likelihood* tersebut. Namun demikian, fungsi partisi pada distribusi CMP tidak memiliki bentuk tertutup, sehingga solusi analitik dari persamaan *likelihood* tidak dapat diperoleh. Oleh karena itu, estimasi parameter distribusi CMP umumnya dilakukan secara numerik menggunakan metode optimisasi.

Distribusi CMP dapat direduksi menjadi beberapa distribusi khusus (Shmueli dkk., 2005). Apabila $\nu = 1$, bentuknya identik dengan distribusi *Poisson*. Ketika $\nu \rightarrow \infty$, maka distribusi tersebut mendekati distribusi *Bernoulli* dengan parameter $\frac{\lambda}{1+\lambda}$. Sedangkan untuk $\nu = 0$ dengan syarat $\lambda < 1$ distribusi ini mendekati distribusi geometrik.



i Kendali Conway-Maxwell Poisson Homogeneously Weighted Moving range

ii Conway-Maxwell Poisson Homogeneously Weighted Moving Average

A) merupakan peta kendali berjenis *memory-type* yang dirancang khusus untuk pemantauan data atribut yang mengikuti distribusi *Conway-Maxwell Poisson* (CMP) (Adeoti dkk., 2022). Misalkan $X_i \sim CMP(\lambda, \nu)$ merupakan jumlah ketidaksesuaian (cacat) pada titik pengambilan sampel ke- i , untuk $i = 1, 2, 3, \dots, n$. Diasumsikan parameter populasi untuk keadaan terkendali (*in-control*) $\mu_0 = E(X_i)$ dan $\sigma_0^2 = Var(X_i)$. Statistik CMP-HWMA didefinisikan sebagai:

$$H_i = \omega X_i + (1 - \omega) \bar{X}_{i-1} \quad (14)$$

dengan ω adalah nilai pembobot yang berfungsi sebagai parameter sensitivitas dengan nilai $0 < \omega \leq 1$, dan $\bar{X}_{i-1}$ adalah rata-rata historis dari sampel sebelumnya. Untuk $i = 1$ didefinisikan $\bar{X}_0 = \mu_0$. Sedangkan untuk $i > 1$:

$$\bar{X}_{i-1} = \frac{\sum_{t=1}^{i-1} X_t}{i-1} \quad (15)$$

Batas kendali untuk peta kendali CMP-HWMA ditentukan sebagai berikut:

$$LCL_i = \begin{cases} \mu_0 - L_H \sqrt{\omega^2 \sigma_0^2}, & \text{jika } i = 1 \\ \mu_0 - L_H \sqrt{\omega^2 \sigma_0^2 + (1 - \omega)^2 \frac{\sigma_0^2}{(i-1)}}, & \text{jika } i > 1 \end{cases} \quad (16)$$

$$CL = \mu_0 \quad (17)$$

$$UCL_i = \begin{cases} \mu_0 + L_H \sqrt{\omega^2 \sigma_0^2}, & \text{jika } i = 1 \\ \mu_0 + L_H \sqrt{\omega^2 \sigma_0^2 + (1 - \omega)^2 \frac{\sigma_0^2}{(i-1)}}, & \text{jika } i > 1 \end{cases} \quad (18)$$

Koefisien batas kendali L_H merupakan konstanta penentu lebar batas kendali yang digunakan untuk menghitung batas kendali bawah (LCL) dan batas kendali atas (UCL) pada peta kendali CMP-HWMA, dengan nilai $L_H > 0$. Koefisien L_H berfungsi sebagai faktor pengali simpangan baku proses sehingga mengatur tingkat sensitivitas peta kendali terhadap pergeseran parameter proses. Koefisien L_H dipilih untuk mencapai nilai ARL_0 yang diinginkan. Dengan demikian, suatu proses dinyatakan dalam kondisi terkendali (*in-control*) apabila $LCL_i < H_i < UCL_i$, namun proses dinyatakan tidak terkendali (*out-of-control*) apabila $H_i \leq LCL_i$ atau $H_i \geq UCL_i$.

1.5.6 Uji Kolmogorov-Smirnov

Uji *Kolmogorov-Smirnov* merupakan salah satu metode uji kesesuaian distribusi yang digunakan untuk menentukan apakah data sampel mengikuti suatu distribusi tertentu. Uji ini penting dilakukan karena pemilihan metode analisis selanjutnya sering kali bergantung pada distribusi data yang digunakan. Prinsip dasar uji *Kolmogorov-Smirnov* adalah membandingkan fungsi distribusi kumulatif empiris dari data dengan fungsi distribusi kumulatif teoritis distribusi yang diharapkan (Dimitrova dkk., 2020). Hipotesis yang diuji dapat dinyatakan sebagai berikut:



ngikuti distribusi *Poisson*

ak mengikuti distribusi *Poisson*

ujian adalah jika nilai $D_{hitung} > D_{tabel(\alpha;n)}$ pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ $alue < \alpha$ maka H_0 ditolak. Statistik uji *Kolmogorov-Smirnov* dihitung dengan

rumus:

$$D = \max |F_s(x_i) - F_t(x_i)|, i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (19)$$

di mana $F_s(x_i)$ adalah fungsi distribusi kumulatif empiris dari sampel dan $F_t(x_i)$ adalah fungsi distribusi kumulatif teoritis *Poisson*.

1.5.7 Average Run Length

Average Run Length (ARL) adalah ukuran yang paling sering digunakan dalam pengendalian kualitas statistik untuk mengevaluasi dan membandingkan kinerja berbagai peta kendali (Han & Tsung, 2009). *Average Run Length* (ARL) adalah rata-rata jumlah sampel (subgrup) yang diambil hingga suatu peta kendali memberikan sinyal bahwa proses berada di luar kendali (Montgomery, 2009). Dengan kata lain, ARL menjadi ukuran seberapa cepat atau lambat sebuah peta kendali mampu mendeteksi adanya penyimpangan proses. Terdapat dua jenis ARL yang umum digunakan, ARL_0 yang merupakan nilai ARL ketika proses dalam kondisi terkendali (*in-control*) dan ARL_1 yang merupakan nilai ARL ketika proses dalam kondisi tidak terkendali (*out-of-control*). Semakin besar ARL_0 , semakin jarang peta kendali memberikan *false alarm*. Semakin kecil ARL_1 semakin cepat peta kendali mendeteksi pergeseran proses. Dalam praktiknya, perbandingan antar peta kendali dilakukan dengan menyamakan ARL_0 agar peluang *false alarm* sebanding, lalu memilih peta kendali dengan ARL_1 terkecil karena lebih cepat mendeteksi penyimpangan (Abbas, 2018). Secara matematis, ARL dirumuskan sebagai:

$$ARL = \frac{1}{P} \quad (20)$$

dengan P adalah suatu titik di luar batas kendali. Misalkan α merupakan P (suatu titik di luar batas kendali), maka perumusan untuk ARL_0 adalah:

$$ARL_0 = \frac{1}{\alpha} \quad (21)$$

Sedangkan perumusan untuk ARL_1 adalah:

$$ARL_1 = \frac{1}{1 - \beta} \quad (22)$$

dengan, α merupakan kesalahan tipe I dan β merupakan kesalahan tipe II.

1.5.8 Data Kegagalan Pengantaran Paket

Dalam operasional jasa logistik, pengantaran paket tepat waktu menjadi indikator utama kualitas layanan. Namun, pada praktiknya tidak semua proses distribusi berjalan sesuai rencana. Salah satu permasalahan yang sering muncul adalah kegagalan pengantaran paket, yang dalam dunia logistik dikenal sebagai *Delivery Exception* (DEX). DEX terjadi ketika paket tidak dapat dikirimkan kepada penerima sesuai jadwal yang telah ditentukan akibat berbagai kendala operasional.

PT Citra Van Titipan Kilat (TIKI) sebagai salah satu perusahaan jasa logistik terkemuka di Indonesia dengan jaringan distribusi yang luas tentu tidak terlepas dari kegagalan pengantaran paket. Tingginya volume pengiriman, keragaman kondisi



erta faktor eksternal seperti cuaca, kesalahan alamat, atau ketidakhadiran pat meningkatkan risiko terjadinya kegagalan pengantaran paket. elitian ini berfokus pada permasalahan kegagalan pengantaran paket yang salah satu mitra operasional TIKI, yaitu TIKI Sub Agen Belopa yang berlokasi di Jl. Poros Tanamai, Kabupaten Luwu, Sulawesi Selatan. Sub agen ini memiliki peran strategis dalam proses distribusi layanan TIKI di tingkat daerah. Data yang digunakan mencakup jumlah paket yang mengalami kegagalan pengantaran atau yang dikenal sebagai *Delivery Exception* (DEX).



Gambar 1. TIKI Sub Agen Belopa