

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan bisnis Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah perusahaan air minum dalam kemasan yang ada di Indonesia, khususnya di daerah Makassar. Meningkatnya persaingan menuntut setiap perusahaan untuk selalu memperhatikan kebutuhan dan keinginan konsumen serta berusaha memenuhi apa yang diharapkan. Oleh karena itu, setiap pebisnis perlu menjaga dan meningkatkan kualitas produk sebagai dasar keputusan konsumen dalam memilih produk dengan harapan agar konsumen tetap merasa puas. Kualitas sebagai kunci dalam persaingan bisnis dapat didefinisikan sebagai standar terpenuhinya keinginan atau kebutuhan konsumen. Suatu produk dapat dikatakan berkualitas, bilamana sesuai dengan kebutuhan konsumen yang dapat dimanfaatkan secara baik dan benar. Dengan demikian, dalam peningkatan kualitas produk perlu dilakukan pengendalian secara statistik, dimana di dalamnya kualitas produk dapat dikontrol atau dikendalikan.

Pengendalian kualitas statistik merupakan kegiatan teknis serta manajemen yang dilakukan untuk mengukur karakteristik kualitas suatu produk, membandingkannya dengan standar atau spesifikasi yang telah ditetapkan, serta mendeteksi secara cepat adanya penyebab atau pergeseran dalam proses produksi (Montgomery & Wiley, 2009). Pengendalian kualitas menggunakan peta kendali sebagai alat grafik yang membantu memantau dan mengendalikan proses dengan menampilkan data pengukuran atau pengamatan dari waktu ke waktu. Peta kendali membantu dalam mendeteksi variasi proses secara visual, sehingga memungkinkan perusahaan untuk mengidentifikasi dan memperbaiki masalah yang mungkin timbul dalam produksi (Rosyidah, 2018). Pengendalian kualitas memanfaatkan peta kendali tidak hanya untuk melihat stabilitas proses, tetapi juga untuk menjaga kualitas produk agar tetap sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Peta kendali digunakan secara luas dalam industri sebagai alat pemantauan kualitas untuk menjaga stabilitas dan mendeteksi variasi dalam proses produksi (Montgomery & Wiley, 2009). Peta kendali dapat diklasifikasikan menjadi peta kendali variabel dan peta kendali atribut berdasarkan jenis datanya. Pengendalian kualitas atribut memfokuskan peta kendali pada data yang bersifat atributif, seperti cacat produk atau ketidaksesuaian yang teramati dalam proses produksi.

Jumlah cacat yang terjadi dalam proses produksi dicatat sebagai data cacahan pada setiap unit atau periode pengamatan. Produk cacat adalah produk yang tidak memenuhi spesifikasi (Hansen & Mowen 2001, dalam Yusuf & Supriyadi, 2020). Terdapat beberapa penyebab yang menimbulkan produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar, baik itu faktor sumber daya manusia, mesin, metode, bahan baku, dan lingkungan. Berdasarkan karakteristik data cacahan berupa jumlah cacat per unit atau periode pengamatan, diperlukan peta

kendali atribut yang mampu memantau banyaknya cacat dalam suatu proses produksi. Salah satu peta kendali yang mampu memantau banyaknya cacat dalam suatu proses produksi adalah peta kendali u.

Peta kendali u merupakan peta kendali atribut yang digunakan pada data yang berdistribusi Poisson untuk menilai apakah proses produksi berada dalam kondisi terkendali secara statistik melalui pengamatan titik-titik yang berada di luar batas kendali. Penggunaan peta kendali u dapat digunakan pada data dengan ukuran sampel yang konstan maupun tidak konstan (Andriani dkk., 2021). Karakteristik distribusi Poisson yaitu variansi sama dengan rata-rata, sementara kondisi tersebut sering kali tidak terpenuhi. Pada beberapa kasus, data bisa menunjukkan karakteristik *overdispersion* (variansi data bisa lebih besar daripada rata-rata) atau *underdispersion* (variansi lebih kecil daripada rata-rata). Oleh karena itu, peta kendali u memiliki keterbatasan dalam mengatasi masalah *overdispersion* dan *underdispersion*. Apabila kondisi tersebut diabaikan, maka dapat menyebabkan terjadinya *false alarm*, yaitu proses terdeteksi berada di luar kendali meskipun sebenarnya masih berada dalam kondisi terkendali

Menanggapi keterbatasan peta kendali u konvensional, Laney (2002) mengembangkan peta kendali Laney u untuk mengatasi *overdispersion* dan *undersipersion* pada data. Peta kendali Laney u tidak lagi bergantung pada asumsi distribusi Poisson, tetapi menyesuaikan batas kendali dengan tingkat variasi aktual yang terdapat dalam data. Penyesuaian dilakukan melalui penggunaan faktor skala yang mengoreksi simpangan baku, sehingga batas kendali yang dihasilkan menjadi lebih realistis dan sesuai dengan karakteristik data yang diamati. Pendekatan ini membantu mengurangi kesalahan interpretasi, seperti munculnya sinyal palsu (*false alarm*) akibat variasi yang tinggi atau kegagalan mendeteksi perubahan proses akibat variasi yang terlalu rendah. Terjadinya *false alarm* akan mengakibatkan kerugian bagi perusahaan karena memicu investigasi dan tindakan korektif yang sebenarnya tidak diperlukan, sehingga mengganggu kelancaran alur produksi serta membuang sumber daya waktu dan biaya secara percuma. Oleh karena itu, penggunaan peta kendali Laney u memungkinkan evaluasi proses produksi yang lebih akurat, terutama pada data cacat yang bersifat tidak stabil dan cenderung berfluktuasi (Laney, 2002).

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas penerapan dan efektivitas peta kendali Laney u dalam berbagai konteks industri. Eissa (2017) dalam penelitiannya mengenai pengendalian kualitas mikrobiologis pada produk farmasi cair menunjukkan bahwa peta kendali Laney u lebih sesuai digunakan karena mampu menyesuaikan batas kendali terhadap data yang mengalami *overdispersion*, sehingga hasil yang diperoleh menjadi lebih akurat. Penelitian serupa oleh Jayet Moon (2020) mengenai grafik Laney u untuk pemantauan indeks kinerja juga menemukan bahwa peta kendali Laney u lebih stabil dalam mendeteksi penyimpangan proses, khususnya pada data yang mengalami *overdispersion*. Hasil penelitian Indraswari dan Suprihanti (2022) pada industri

cerutu juga memperkuat temuan Jayet Moon (2020), dimana penggunaan grafik Laney menghasilkan batas kendali yang lebih realistis dan mengurangi jumlah sinyal palsu (*false alarm*). Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa peta kendali Laney u memiliki keunggulan dalam menangani variasi data yang tinggi dan lebih representatif dalam menggambarkan proses yang sebenarnya.

Berdasarkan uraian di atas, dalam penelitian ini penulis mengkaji mengenai peta kendali Laney u untuk mengetahui proses pengendalian kualitas statistik pada industri Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) di CV. SAI Tenrisau periode 1 Agustus 2025 hingga 30 September 2025 yang dituliskan dalam sebuah tugas akhir dengan judul **“Analisis Kinerja Peta Kendali Laney u Pada Produksi Air Minum Dalam Kemasan di CV SAI Tenrisau”**.

1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berdasarkan data produk cacat Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) pada tanggal 1 Agustus 2025 hingga 30 September 2025 di CV. SAI Tenrisau
2. Metode ini berfokus pada peta kendali atribut yakni peta kendali Laney u dengan kasus data *overdispersion*

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat peta kendali *Laney u* pada data produk cacat Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) di CV. SAI Tenrisau
2. Melihat efektivitas peta kendali Laney u berdasarkan jumlah *out of control* dan nilai ARL dengan menggunakan data simulasi

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, yaitu:

1. Menambah wawasan tentang pengendalian kualitas utamanya peta kendali Laney u
2. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat memberikan referensi, masukan, dan saran kepada pihak perusahaan dalam menentukan strategi pengendalian kualitas produksi

1.5 Landasan Teori

1.5.1 Pengendalian Kualitas Statistik

Pengendalian Proses Statistik (*Statistical Process Control / SPC*) adalah suatu terminologi yang mulai digunakan sejak tahun 1970-an untuk menjabarkan penggunaan teknik-teknik statistika dalam memantau dan meningkatkan performansi proses untuk menghasilkan produk berkualitas. Pada tahun 1950-an sampai 1960-an digunakan terminologi pengendalian kualitas statistik

(*Statistical Quality Control / SQC*) yang memiliki pengertian sama dengan pengendalian proses statistikal (*Statistical Process Control / SPC*). Pengendalian proses statistikal (*Statistical Process Control / SPC*) dapat didefinisikan sebagai metodologi pengumpulan dan analisis data kualitas, serta penentuan dan interpretasi pengukuran-pengukuran yang menjelaskan tentang proses dalam suatu sistem industri, untuk meningkatkan kualitas dari output guna memenuhi kebutuhan dan ekspektasi pelanggan (Aristriyana, 2017).

Pengendalian kualitas berfungsi untuk menentukan ukuran, cara, serta persyaratan fungsional lain dari suatu produk dan memperjelas standar tersebut agar bisa digunakan dalam proses produksi. Tujuan utama dari pengendalian proses statistik adalah untuk mendeteksi dengan cepat adanya penyebab khusus yang menyebabkan perubahan pada proses produksi, sehingga kita bisa melakukan pemeriksaan terhadap proses dan tindakan perbaikan agar produk yang tidak sesuai bisa diminimalkan (Rahmahani dkk., 2019a). Beberapa alat yang bisa digunakan dalam pengendalian kualitas statistik meliputi *Histogram*, *Check Sheet* (Lembar Pemeriksaan), *Pareto Chart* (Diagram Pareto), *Cause and Effect Diagram* (Diagram Sebab Akibat), *Scatter Plot* (Diagram Pencar), *Control Chart* (Peta Kendali), dan *Flowchart* (Diagram Alir) (Ardhyani dkk., 2023).

1.5.2 Peta Kendali

Menentukan suatu proses berada dalam kondisi kendali statistik dapat dilakukan melalui penggunaan peta kendali atau *control chart* (Khauhy, 2024). Secara umum peta kendali diklasifikasikan ke dalam dua tipe. Pertama, peta kendali variabel yaitu apabila karakteristik kualitas dapat diukur dan dinyatakan dalam bilangan. Kedua, peta kendali atribut (sifat) menurut Besterfield (Hasari, 2021 dalam Khauhy, 2024) yaitu apabila ada pengukuran yang tidak memungkinkan untuk dilakukan, misalnya goresan, kesalahan, warna, atau ada bagian yang hilang. Selain itu, atribut digunakan apabila pengukuran dapat dibuat tetapi tidak dibuat karena alasan waktu, biaya, atau kebutuhan.

Peta kendali memiliki garis tengah yang menunjukkan nilai rata-rata dari karakteristik kualitas yang berkaitan dengan kondisi proses yang terkendali. Dua batas dalam diagram kontrol, yaitu Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB), merupakan garis batas untuk suatu penyimpangan yang masih dapat diterima. Jika titik-titik berada dalam batas kendali, maka proses dianggap dalam kondisi terkendali dan tidak perlu tindakan apa pun. Namun data yang berada di luar batas pengendali statistik apabila dikarenakan suatu sebab umum (sebab yang melekat pada proses) maka tidak boleh dihilangkan dan dianggap tetap masuk batas pengendali. Data yang berada diluar batas pengendali rata-rata disebut sebagai *out of control* yang disebabkan oleh sebab khusus (Andriani, 2016 dalam Islami & Rahmadi, 2022). Peta kendali dapat dikatakan lebih sensitif jika mampu mendeteksi lebih banyak data yang tidak terkendali (*out of control*)

(Rahmahani dkk., 2019b). Terdapat dua jenis peta kendali, yaitu untuk data variabel dan data atribut (Khauly, 2024):

1. Peta kendali variabel merupakan diagram yang digunakan untuk mengendalikan suatu karakteristik kualitas yang dapat digunakan untuk mengukur mean dan variabilitas prosesnya. Sebagai contoh suatu karakteristik kualitas yang dapat diukur seperti dimensi, berat atau volume.
2. Peta kendali atribut digunakan untuk mengendalikan kualitas produk selama proses produksi yang tidak dapat diukur tetapi dapat dihitung. Pada dasarnya, data atribut adalah data yang hanya memiliki 2 nilai atau pilihan seperti Jumlah unit yang gagal produksi (*reject*), Jumlah ketidakhadiran karyawan, Jumlah Komponen yang *defective* dan lain sebagainya. Jenis-jenis peta kendali ini diantaranya adalah peta kendali np, peta kendali p, peta kendali c, dan peta kendali u.

Ada dua jenis peta pengendali proses statistik data atribut, yaitu yang menggunakan distribusi binomial dan Poisson. Peta pengendali untuk unit-unit ketidaksesuaian didasarkan pada distribusi binomial, contohnya peta kendali p yang menunjukkan proporsi ketidaksesuaian dalam sampel atau subsampel yang diukur dalam bagian atau persen. Sementara itu, peta pengendali yang menggunakan distribusi Poisson meliputi peta kendali c dan peta kendali u (Yasmin dan Rosyidah, 2006 dalam Kaharudin, 2023).

1.5.3 Distribusi Poisson

Distribusi Poisson merupakan jenis distribusi probabilitas yang digunakan untuk menggambarkan jumlah kejadian sukses yang terjadi dalam suatu selang waktu tertentu. Kejadian tersebut diasumsikan terjadi secara independen, yaitu tidak tergantung pada waktu kejadian sebelumnya. Distribusi Poisson sering digunakan dalam pengawasan jumlah kesalahan atau cacat dalam suatu unit produk dari proses produksi yang berulang (Montgomery, 2013).

Variabel acak X dikatakan berdistribusi Poisson yang dinotasikan dengan $X \sim \text{Poisson}(\lambda)$, Fungsi peluang untuk data berdistribusi Poisson bergantung pada rata-rata λ . Jika parameter $\lambda > 0$, maka fungsi probabilitas dari distribusi Poisson adalah sebagai berikut:

$$f(x) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x!}, x = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

Distribusi Poisson digunakan dalam pengendalian kualitas untuk menggambarkan terjadinya ketidaksesuaian atau cacat pada produk. Parameter λ pada distribusi ini menunjukkan rata-rata jumlah kejadian ketidaksesuaian atau cacat dalam suatu jangka waktu (Montgomery, 2013).

Dalam distribusi Poisson, nilai rata-rata dan variansinya sama, sehingga dapat ditulis seperti ini:

$$E(X) = \text{Var}(X) = \lambda \quad (2)$$

Pemeriksaan kecocokan distribusi Poisson dapat dilakukan dengan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Prinsip uji satu sampel *Kolmogorov-Smirnov* adalah dengan menghitung selisih antara fungsi distribusi kumulatif sampel dan fungsi distribusi kumulatif teoritis pada setiap interval kelas, yang disebut D (deviasi maksimum) dengan hipotesis (Nugroho, 2008 dalam Ningsi, 2024).

H_0 : data berdistribusi Poisson

H_1 : data tidak berdistribusi Poisson

Statistik uji yang digunakan adalah

$$D_{hitung} = maks |F_s(x_i) - F_t(x_i)| \text{ dimana } F_t(x_i) = \sum_{x=0}^{x_i} e^{-\mu} \frac{\mu^x}{x!} \quad (3)$$

dengan

$F_s(x_i)$: fungsi distribusi kumulatif yang dihipotesiskan

$F_t(x_i)$: fungsi distribusi kumulatif yang dihitung dari sampel

kriteria pengujiannya yaitu tolak H_0 ketika $D_{hit} > D_{tabel}(\alpha)$ atau $p - value < \alpha$.

Mempermudah pencarian nilai $D_{tabel}(\alpha)$ terdapat pendekatan yang bisa digunakan yaitu (Deshpande dkk, 2017 dalam Ningsi, 2024):

$$D_{tabel} = \frac{d_{1-\alpha}}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

dimana n adalah banyaknya pengamatan.

1.5.4 Overdispersion

Cara untuk mendeteksi *overdispersion* salah satunya yaitu dengan menggunakan uji *deviance*, dimana nilai statistik *deviance* yang dibagi dengan derajat bebasnya. Nilai hasil bagi tersebut harus mendekati 1, jika nilai hasil bagi tersebut lebih dari 1 maka terdapat *overdispersi*. Langkah-langkah yang akan dilakukan untuk melakukan pengujian tersebut adalah sebagai berikut (Harahap, 2018):

H_0 : $\phi = 1$ (Tidak terdapat *overdispersion* pada data cacat AMDK)

H_1 : $\phi > 1$ (Terdapat *overdispersion* pada data cacat AMDK)

Statistik uji yang digunakan adalah

$$\phi = \frac{D}{n - p}$$

$$D = 2 \sum_{i=1}^n \left\{ u_i \log \frac{u_i}{\bar{u}} - (u_i - \bar{u}) \right\} \quad (5)$$

dengan

D : nilai *deviance*

ϕ : parameter dispersi

u_i : jumlah cacat pada pengamatan ke- i

$\bar{u}$: rata-rata seluruh jumlah cacat

n : banyaknya pengamatan

p : banyaknya parameter

Kriteria pengujiannya yaitu dengan mengambil taraf nyata sebesar $\alpha = 0,05$, maka H_0 ditolak jika $\phi > 1$.

1.5.5 Peta Kendali u

Peta kendali u termasuk dalam jenis peta kendali *shewhart* yang digunakan untuk memantau tingkat cacat per unit dalam suatu proses produksi. Peta ini cocok digunakan ketika karakteristik kualitas proses diukur berdasarkan jumlah ketidaksesuaian per unit produk. Peta kendali u bisa dipakai ketika jumlah sampel yang diambil bervariasi setiap waktu (Rosidin & Sirodj, 2022 dalam Febrianto dkk., 2025). Peta kendali u mengukur rata-rata jumlah ketidaksesuaian atau cacat per unit produk yang dihasilkan.

Menghitung data cacat pada peta kendali u perlu dihitung data cacat untuk setiap n sampel yaitu nilai u_i , kemudian nilai u_i ini yang akan diplotkan dalam peta kendali u . Jika c_i adalah banyaknya ketidaksesuaian pada pengamatan ke- i , m adalah ukuran tiap sampel, dan n adalah banyaknya sampel, maka ketidaksesuaian tiap sampel dapat dilihat pada Persamaan (6)

$$u_i = \frac{c_i}{m} \quad (6)$$

dan rata-rata ketidaksesuaian tiap unit sampel dapat dilihat pada Persamaan (7),

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^n u_i}{n} \quad (7)$$

dengan pendekatan normal untuk standar control (umumnya menggunakan 3-sigma). Garis Tengah (GT), Batas Kendali Atas (BKA), dan Batas Kendali Bawah (BKB) untuk peta kendali u dapat dihitung menggunakan Persamaan (8), Persamaan (9), dan Persamaan (10) (Rahmahani dkk., 2019b)

$$BKA = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{m}} \quad (8)$$

$$GT = \bar{u} \quad (9)$$

$$BKB = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{m}} \quad (10)$$

Jika ukuran sampel berbeda, maka Garis Tengah (GT), Batas Kendali Atas (BKA), dan Batas Kendali Bawah (BKB) untuk peta kendali u dapat dihitung menggunakan Persamaan (11), Persamaan (12), dan Persamaan (13).

$$BKA = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{m_i}} \quad (11)$$

$$GT = \bar{u} \quad (12)$$

$$BKB = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{m_i}} \quad (13)$$

dimana,

$\sqrt{\frac{\bar{u}}{m_i}} = \sigma_{u_i}$ adalah standar deviasi Poisson.

1.5.6 Peta Kendali Laney u

Peta kendali Laney bekerja dengan menyesuaikan batas kendali agar lebih akurat ketika data menunjukkan variasi yang terlalu besar atau terlalu kecil di dalam maupun antar subkelompok. Metode ini menghitung faktor penyesuaian yang disebut σ_z untuk memperbaiki batas kendali pada setiap subkelompok, sehingga peta kendali tidak mudah memberikan sinyal palsu dan lebih sesuai dengan kondisi data yang sebenarnya (Laney, 2002). Peta kendali Laney u adalah peta kendali yang awalnya dikembangkan untuk menghitung dan memantau jumlah cacat dalam proses produksi. Peta kendali atribut mengharuskan distribusi yang mendasarinya mengikuti pola khusus seperti Poisson atau binomial. Salah satu keunggulan peta kendali Laney u adalah kemampuannya untuk memberikan batas kontrol yang lebih akurat dengan mempertimbangkan dispersi dalam data tanpa mempertimbangan distribusi dari data tersebut (Eissa, 2017). Pengukuran variasi menggunakan nilai σ_z memungkinkan peta kendali ini memberikan batas kontrol yang lebih responsif terhadap perubahan dalam kinerja proyek.

Menghitung data cacat pada peta kendali Laney u perlu dihitung data cacat untuk setiap n sampel yaitu nilai u_i , kemudian nilai u_i digunakan untuk membuat peta kendali u . Jika c_i adalah banyaknya ketidaksesuaian pada pengamatan ke- i , m_i adalah ukuran sampel, dan n adalah banyaknya sampel, maka rata-rata ketidaksesuaian tiap sampel dapat dilihat pada Persamaan (14) berikut.

$$u_i = \frac{c_i}{m_i} \quad (14)$$

dan rata-rata ketidaksesuaian tiap unit sampel pada Persamaan (15),

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^n u_i}{n} \quad (15)$$

Garis Tengah (GT), Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB) untuk peta kendali Laney u dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (16), Persamaan (17), dan Persamaan (18) sebagai berikut (Eissa, 2017).

$$BKA = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{m_i} \sigma_z} \quad (16)$$

$$GT = \bar{u} \quad (17)$$

$$BKB = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{m_i} \sigma_z} \quad (18)$$

1.5.7 Average Run Length

Average Run Length (ARL) adalah rata-rata jumlah titik pengukuran yang harus diplot sebelum suatu titik menandai terjadinya kondisi tidak terkendali (Montgomery & Wiley, 2009). *Average Run Length* (ARL) merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengukur kinerja sebuah peta kendali. Kriteria yang digunakan untuk mengukur kinerja peta kendali ialah dengan mengukur seberapa cepat peta kendali tersebut mampu menangkap sinyal *out of control*. Peta kendali yang dapat mendeteksi sinyal *out of control* lebih cepat maka peta kendali tersebut disebut lebih sensitif terhadap perubahan proses.

Pada dasarnya *Average Run Length* (ARL) adalah banyaknya titik sampel rata-rata yang harus digambarkan sebelum suatu titik menunjukkan keadaan tak terkendali. *Average Run Length* (ARL) dinyatakan dalam Persamaan (19) (Montgomery & Wiley, 2009):

$$ARL = \frac{1}{P} \quad (19)$$

dengan P adalah suatu titik di luar kendali.

Misalkan α merupakan P (suatu titik di luar kendali), maka perumusan untuk ARL dalam keadaan terkontrol atau terkendali dapat dilihat pada Persamaan (20).

$$ARL_0 = \frac{1}{\alpha} \quad (20)$$

Sementara itu, perumusan untuk ARL dalam keadaan di luar kendali atau ARL_1 ,

$$\begin{aligned} P(\text{suatu titik di luar kendali}) &= 1 - P(\text{suatu titik dalam kendali}) \\ &= 1 - \beta \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh:

$$ARL_1 = \frac{1}{1 - \beta} \quad (21)$$

dengan,

α : eror tipe I

β : eror tipe II

Hipotesis nol gagal ditolak apabila titik-titik data jatuh di dalam batas-batas kendali, yang menunjukkan bahwa proses terkendali secara statistik. Adapun α dan β dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kesalahan statistik tipe I atau α (menolak hipotesis nol padahal hipotesis tersebut benar) yang diterapkan pada peta kendali Shewhart berarti menyimpulkan proses berada pada kondisi tidak terkendali padahal dalam kenyataannya proses berada dalam kondisi terkendali.
2. Kesalahan statistik tipe II atau β (menerima hipotesis nol padahal hipotesis tersebut salah) yang diterapkan pada peta kendali Shewhart berarti menyimpulkan proses berada pada kondisi terkendali padahal dalam kenyataannya proses berada dalam kondisi tidak terkendali.

Peta kendali u didasarkan pada asumsi bahwa jumlah ketidaksesuaian (u) dalam setiap unit atau subkelompok mengikuti distribusi Poisson. Oleh karena itu, untuk menghitung probabilitas tipe II (β), yaitu peluang titik berada di dalam batas kendali ketika proses bergeser ke rata-rata baru (μ_1), perhitungan $ARL_1 = 1/(1 - \beta)$ harus menggunakan β yang diperoleh dari Fungsi Distribusi Kumulatif (CDF) Poisson (Montgomery & Wiley, 2009).

$$\beta = P\{D \leq n.BKA|\mu_1\} - P\{D \leq n.BKB|\mu_1\} \quad (22)$$

Perhitungan ARL_1 peta kendali Laney u menggunakan metode distribusi normal standar terkoreksi. Hal ini didasarkan pada prinsip bahwa peta Laney menstandarisasi data u menjadi z -score yang dinormalisasi, yang memungkinkan penggunaan Fungsi Distribusi Kumulatif Normal Standar (ϕ) untuk mengevaluasi Probabilitas Tipe II (β) (Laney, 2002).

$$\beta = P[BKB < u \leq BKA|\mu_1] \quad (23)$$

Berdasarkan pendekatan ini, peta kendali Laney u mampu mengatasi permasalahan *overdispersion* dan *underdispersion* yang sering muncul pada data cacat, yang tidak sepenuhnya memenuhi asumsi distribusi Poisson. Penggunaan distribusi normal standar terkoreksi memungkinkan estimasi Probabilitas Tipe II dan nilai *Average Run Length* (ARL) yang lebih akurat, sehingga sensitivitas peta kendali terhadap pergeseran proses dapat ditingkatkan tanpa meningkatkan tingkat alarm palsu.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Jenis dan Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari CV. SAI Tenrisau Pelopor Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) di Jl. Antang Indah Kelurahan Antang Kecamatan Manggala Kota Makassar. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jumlah produksi dan jumlah cacat produk Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) cup 240 ml dengan waktu pengamatan selama 52 hari mulai tanggal 1 Agustus 2025 hingga 30 September 2025 (hari kerja). Data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

2.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah data jumlah cacat pada produksi Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) di CV. SAI Tenrisau periode 1 Agustus 2025 hingga 30 September 2025. Adapun standar yang telah ditetapkan oleh pabrik AMDK CV. SAI Tenrisau mengenai spesifikasi bahan baku pembuatan produk cup 240 ml :

a. Berat	: 3,0 gr	e. Tebal bibir	: 0,75 mm
b. Tinggi	: 98 mm	f. Volume	: 240 ml
c. Diameter bibir	: 74,0 mm	g. Warna	: Natural
d. Diameter Neck	: 66 mm	h. Bau	: clear

Apabila bahan baku gelas yang digunakan tidak sesuai standar yang ditentukan (kurang atau lebih dari standar) maka produk akan mengalami kecacatan. Cacat pada cup dapat berupa cup tersebut penyok, berlubang ataupun bibir gelas tidak rata, sehingga tidak dapat digunakan dalam proses pengemasan / barang *reject*. Sedangkan standar untuk volume air dari pengisian produk AMDK dengan kemasan gelas 240 ml adalah 240 ml. Cacat volume air berupa volume air yang kurang dan volume air yang lebih, produk dikatakan volume air kurang apabila pada pengisian produk volume air < 240 ml dengan batas bawah tidak boleh melebihi garis atas pada cup, produk dikatakan volume lebih jika pada pengisian penuh tanpa ada rongga. Berikut dapat dilihat salah satu contoh produk yang termasuk cacat pada Gambar 1.



Gambar 1. Contoh Produk Cacat

2.3 Metode Penelitian

Langkah-langkah yang diterapkan dalam penelitian ini untuk mendapatkan hasil yang diinginkan mencakup serangkaian proses sebagai berikut:

1. Memberikan deskripsi atau gambaran mengenai subjek penelitian (Statistik Deskriptif)
2. Melakukan uji kecocokan distribusi Poisson pada data jumlah cacat produk dengan menggunakan uji *Kolmogorov-smirnov*
3. Pendeteksian *overdispersion* dengan uji *daviance*
4. Menentukan rumus yang akan diterapkan pada peta kendali *Laney u*
5. Perhitungan nilai rata-rata $\bar{u}$
6. Menentukan nilai titik pengamatan serta batas kendali peta kendali *Laney u* dan menerapkannya pada data cacat produksi AMDK di SULI 5 CV. SAI TENRISAU dengan membagi data menjadi Fase I dan Fase II (Fase II menggunakan nilai rata-rata dari Fase I) dengan langkah sebagai berikut :
 - a. Perhitungan Batas Kendali Atas (BKA), dan Batas Kendali Bawah (BKB) dari peta kendali *Laney u* dihitung menggunakan Persamaan (16), Persamaan (17), dan Persamaan (18).

$$BKA = \bar{u} + 3\sigma_{ui} \sigma_z$$

$$GT = \bar{u}$$

$$BKB = \bar{u} - 3\sigma_{ui} \sigma_z$$

- b. Membuat grafik peta kendali *Laney u* berdasarkan batas-batas kendali yang diperoleh.
7. Evaluasi kinerja peta kendali *Laney u* pada kondisi *overdispersion* dan *equidispersion* melalui data simulasi
8. Menginterpretasikan hasil yang diperoleh dan menarik kesimpulan