

**PENERAPAN DIAGRAM KONTROL *FUZZY U* PADA PENGENDALIAN
KUALITAS PRODUK
(STUDI KASUS: DATA PRODUK CACAT EMBER PLASTIK CV. BERKAT
ANUGRAH)**



**CLARISA EUDIA CHESYNANDA
H051211050**



**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2025**

**PENERAPAN DIAGRAM KONTROL *FUZZY U* PADA PENGENDALIAN
KUALITAS PRODUK
(STUDI KASUS: DATA PRODUK CACAT EMBER PLASTIK CV. BERKAT
ANUGRAH)**

**CLARISA EUDIA CHESYNANDA
H051211050**



**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2025**

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman, dunia bisnis mengalami pertumbuhan pesat yang mengakibatkan persaingan antar perusahaan semakin sengit dan semakin banyak perusahaan yang saling berkompetisi dalam industri yang serupa. Oleh karena itu, setiap perusahaan akan berusaha agar bisa tetap bertahan dalam persaingan ini. Salah satu strategi untuk menghadapi atau bertahan dalam persaingan ini adalah dengan memberikan fokus penuh pada kualitas produk yang dihasilkan perusahaan, sehingga mampu lebih unggul dari produk-produk yang ditawarkan oleh pesaing (Septilasse dkk., 2020). Produk cacat merupakan produk yang memiliki kekurangan sehingga dapat mempengaruhi kualitas suatu produk. Oleh karena itu, setiap perusahaan akan berupaya untuk mengatasi masalah tersebut agar kualitas produk tetap terjaga sesuai dengan ekspektasi konsumen dan standar perusahaan. Salah satu metode yang dimanfaatkan perusahaan untuk mempertahankan kualitas agar tetap sesuai terhadap standar yaitu dengan statistical quality control atau pengendalian kualitas statistik (Afandi dan Kartini., 2024).

Kelancaran dalam proses produksi yang mampu menghasilkan kualitas produk yang baik dapat dicapai dengan pengendalian kualitas yang baik. Pengendalian kualitas statistik adalah teknik penyelesaian masalah yang digunakan untuk memantau, mengendalikan, menganalisis, mengelola, serta meningkatkan kualitas produk dan proses melalui metode-metode statistik (Khikmawati dkk., 2018). Alat statistik yang dapat digunakan untuk menilai suatu proses produksi berada atau tidak dalam pengendalian kualitas secara statistik adalah diagram kontrol (Yanuar dkk., 2021). Diagram kontrol merupakan grafik yang digunakan untuk menentukan suatu proses berada dalam kondisi terkendali (*in control*) atau tidak terkendali (*out of control*). Batas pengendalian, yang terdiri dari batas atas (*upper control limit*) dan batas bawah (*lower control limit*) berfungsi untuk menggambarkan performa yang diharapkan dari suatu proses serta menunjukkan konsistensi proses tersebut (Agung dkk., 2021). Diagram kontrol secara umum terbagi menjadi dua jenis yaitu diagram kontrol atribut dan diagram kontrol variabel. Diagram kontrol atribut merupakan diagram kontrol dirancang untuk mengontrol suatu proses berdasarkan pengukuran yang bersifat kategoris seperti baik atau buruk, menerima atau menolak, atau lulus atau gagal, ataupun berdasarkan kriteria (misalnya sesuai atau tidak sesuai). Contoh dari diagram kontrol atribut adalah diagram kontrol P, NP, C dan U. Sedangkan diagram kontrol variabel merupakan diagram kontrol yang digunakan untuk mengontrol karakteristik produk seperti panjang, berat, dan diameter dan parameter proses seperti suhu, tekanan, dan tingkat pH yang diukur dalam skala kontinu. Contoh dari diagram kontrol variabel adalah diagram kontrol $\bar{X} - R$ dan $\bar{X} - S$ (Prihastono., 2012).

Diagram kontrol U adalah salah satu jenis diagram kontrol atribut yang sering digunakan dalam pengendalian kualitas statistik untuk memantau suatu proses produksi sudah atau belum terkendali secara statistik dengan memperhatikan

titik-titik yang berada di luar batas kendali dan dihitung berdasarkan rumus yang telah ditentukan. Diagram kontrol atribut seperti diagram kontrol U digunakan untuk mengukur kualitas produk berdasarkan karakteristik seperti penampilan, kelembutan, dan warna. Namun, karena ada ambiguitas atau ketidakjelasan dalam menentukan cacat, sering kali sulit membuat keputusan yang tepat. Akibatnya, karakteristik ini tidak dapat dinilai secara akurat (Fadaei & Pooya., 2018). Ambiguitas dalam penentuan cacat sering kali muncul karena subjektivitas dalam evaluasi dan ketidakjelasan dalam pengukuran. Faktor-faktor seperti manusia, mesin, metode, dan material dapat berkontribusi terhadap ketidakpastian ini, misalnya melalui perbedaan persepsi, variasi kualitas hasil produksi, atau standar inspeksi yang kurang jelas. Di antara faktor-faktor tersebut, manusia memiliki peran terbesar, karena seluruh proses produksi, dari perancangan hingga eksekusi, bergantung pada keputusan dan tindakan manusia (Pudji. W & Hidayati., 2023). Oleh karena itu, diperlukan diagram kontrol yang mampu menangani ambiguitas atau ketidakjelasan pada nilai cacat tersebut yaitu dengan diagram kontrol *Fuzzy U*.

Zadeh (1965) pertama kali memperkenalkan teori himpunan *Fuzzy*. Diagram kontrol dapat dikombinasikan dengan teori *Fuzzy* untuk mengontrol kualitas produk sehingga dapat lebih akurat. Diagram kontrol *Fuzzy* cocok digunakan untuk observasi yang menghasilkan data yang tidak pasti, kurang jelas, dan didasarkan pada subjektivitas individu (Fauzia dkk., 2020). Selain itu, metode *Fuzzy* juga memiliki keunggulan dalam menangani masalah ambiguitas pada data melalui penggunaan fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan ini memungkinkan pengambilan keputusan yang bersifat kontinu berdasarkan tingkat keanggotaan suatu elemen dalam suatu himpunan *Fuzzy* daripada hanya keputusan biner (Zadeh., 1965; Mendel., 2001)

Beberapa penelitian sebelumnya telah menggunakan diagram kontrol *Fuzzy U* dalam pengendalian kualitas statistik, seperti penelitian oleh Ahlisa (2015) tentang penerapan diagram kontrol *Fuzzy U* pada pengendalian kualitas *coating thickness* di PT. Indal Steel Pipe yang memperoleh hasil bahwa diagram kontrol dengan pendekatan *Fuzzy* dalam proses pelapisan pipa 3-LPE lebih cocok digunakan dibandingkan diagram kontrol demerit karena dengan pendekatan *Fuzzy* pembagian cacat dibagi ke dalam beberapa kategori dan dilakukan pemeriksaan yang cukup ketat. Selanjutnya, penelitian oleh Fadaei dan Pooya (2018) tentang *Fuzzy U Control Chart Based on Fuzzy Rules and Evaluating Its Performance Using Fuzzy OC Curve* yang memperoleh hasil bahwa diagram kontrol *Fuzzy* lebih tegas dan efisien dalam mendeteksi pergeseran proses atau mendeteksi titik-titik out of control. Kemudian, penelitian oleh Fauzia, Yuniarti dan Hayati (2020) tentang analisis diagram kontrol *Fuzzy U* pada produk cacat kayu lapis di PT. Segara Timber Mangkujenang, Samarinda Provinsi Kalimantan Timur Tahun 2018 yang juga memperoleh hasil bahwa diagram kontrol *Fuzzy U* baik dalam mendeteksi titik-titik *out of control* pada data produk cacat kayu lapis.

Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini penulis ingin menggunakan diagram kontrol *Fuzzy U* pada produk cacat ember plastik dengan mengangkat judul **“Penerapan Diagram Kontrol *Fuzzy U* pada Pengendalian**

Kualitas Produk (Studi Kasus: Data Produk Cacat Ember Plastik CV. Berkat Anugrah)".

1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Data yang digunakan adalah data produk cacat ember plastik di CV. Berkat Anugrah selama tiga hari kerja yang terbagi menjadi enam shift, dengan setiap shift berlangsung selama delapan jam kerja. Adapun data produk cacat terbagi menjadi 4 berdasarkan faktor penyebab kecacatan yaitu *man*, *machine*, *material* dan *method*.
2. Fungsi keanggotaan *Fuzzy* yang digunakan adalah trapezoidal dan menggunakan pendekatan transformasi *Fuzzy mode*.

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Membentuk diagram kontrol U dan *Fuzzy U* pada data produk cacat.
2. Memperoleh dan membandingkan nilai *Average Run Length* (ARL) diagram kontrol U dan *Fuzzy U* untuk memperoleh diagram kontrol terbaik.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah menambah wawasan dan pengetahuan mengenai diagram kontrol U dan *Fuzzy U* sebagai alat dalam pengendalian kualitas statistik serta dapat dijadikan masukan dan acuan untuk perusahaan dalam menangani masalah produk cacat.

1.4 Teori

1.4.1 Pengendalian Kualitas Statistik

Pengendalian kualitas adalah suatu aktivitas untuk mengawasi standar kualitas bahan, proses pengolahan bahan, produk setengah jadi, hingga tahap akhir yaitu pengiriman kepada konsumen dengan tujuan agar produk yang dihasilkan sesuai dengan standar kualitas perusahaan. Pengendalian kualitas statistik merupakan teknik yang digunakan untuk mengontrol, memantau, mengelola, menganalisis, dan memperbaiki suatu proses melalui metode statistik. Tujuan dari pengendalian mutu statistik adalah untuk mengevaluasi proses sehingga variasi yang terjadi dalam setiap tahap proses dapat diminimalkan (Andriani dkk., 2021).

Alat statistik yang dapat dipergunakan dalam pengendalian kualitas yaitu *seven quality control tools*. *Seven quality control tools* berfungsi untuk memantau, menganalisis, dan meningkatkan kualitas dalam setiap tahap proses produksi. Adapun *seven quality control tools* terdiri dari (Hamdani., 2020):

1. Lembar Periksa (*Check sheet*)
2. *Flow Chart*
3. Histogram
4. Diagram Kontrol (*Control Chart*)
5. *Scatter Diagram*
6. *Fishbone Diagram*
7. Diagram Pareto.

1.4.2 Diagram Pareto

Diagram Pareto adalah grafik yang terdiri dari diagram batang dan diagram garis dengan diagram batang menampilkan klasifikasi dan nilai data, sedangkan diagram garis menggambarkan total data secara kumulatif (Wirawati., 2019). Diagram pareto menyajikan masalah berdasarkan tingkat kejadiannya. Masalah dengan tingkat tertinggi akan ditampilkan sebagai batang pertama yang paling tinggi di sebelah kiri lalu diikuti oleh masalah dengan tingkat lebih rendah secara berurutan, hingga batang terakhir di sebelah kanan yang menunjukkan tingkat terendah, sehingga diagram pareto dapat membantu menemukan permasalahan yang paling penting yang mempengaruhi usaha perbaikan kualitas dan menjadi prioritas untuk segera diperbaiki (Pradini & Mashuri., 2016).

1.4.3 Distribusi Poisson

Menurut Montgomery (2009), distribusi diskrit yang umum digunakan dalam pengendalian kualitas statistik adalah distribusi Poisson. Distribusi ini diterapkan sebagai model untuk mengukur jumlah cacat atau ketidaksesuaian dalam suatu unit produk. Pada diagram kontrol U memerlukan asumsi distribusi poisson karena cacat dalam setiap unit inspeksi diharapkan mengikuti distribusi yang acak dan jarang yang merupakan karakteristik distribusi poisson. Seperti dijelaskan oleh Benzerga, M., & Bouzid, A (2013) dalam jurnal "*Statistical Process Control with u-Chart*" bahwa diagram kontrol U membutuhkan asumsi bahwa jumlah cacat mengikuti distribusi poisson. Jika parameter suatu proses tidak diketahui, maka parameter tersebut dapat diestimasi untuk membantu dalam pengambilan keputusan mengenai suatu populasi berdasarkan sampel yang dipilih. Jika $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ merupakan hasil pengamatan dalam suatu sampel, maka rata-rata jumlah cacat dalam sampel tersebut dapat dihitung menggunakan rumus berikut: (Rahmahani dkk., 2019)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

Penerapan perhitungan data cacat produksi dalam diagram kontrol untuk data atribut mengikuti distribusi Poisson dengan taksiran rata-rata dan variansi bernilai sama, sehingga rumus data cacat produksi dari sampel acak distribusi Poisson sebagai berikut:

$$\sigma^2 = \beta = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$

Adapun nilai deviasi standar dari sampel acak distribusi Poisson yaitu:

$$\sigma = \sqrt{\beta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}} \quad (3)$$

Untuk menentukan bahwa data mengikuti distribusi poisson dapat diperoleh dengan melakukan pengujian distribusi poisson dengan hipotesis:

$H_0: F(x) = F_0(x)$, data berdistribusi poisson

$H_0: F(x) \neq F_0(x)$, data tidak berdistribusi poisson

Dengan statistik uji:

$$D = \max |S(x) - F_0(x)| \quad (4)$$

Kriteria uji:

H_0 diterima jika nilai *Asymp. Sig (2-tailed)* $> \alpha$ (0,05) atau nilai $D_{hitung} < D_{tabel}$ yang berarti bahwa data berdistribusi poisson dan H_0 ditolak jika nilai *Asymp. Sig (2-tailed)* $< \alpha$ (0,05) atau nilai $D_{hitung} > D_{tabel}$ yang berarti bahwa data tidak berdistribusi poisson.

1.4.4 Diagram Kontrol

Diagram kontrol merupakan salah satu dari *seven quality control tools*. Diagram kontrol adalah grafik yang digunakan untuk memantau stabilitas suatu proses serta mempelajari perubahan proses dari waktu ke waktu. Tujuan pembuatan diagram kontrol adalah untuk menentukan hasil suatu proses berada dalam kondisi normal atau tidak normal (Andriani dkk., 2021). Diagram kontrol terdiri dari garis tengah (GT) yang merupakan nilai rata-rata, batas kendali tertinggi yaitu batas kendali atas (BKA) dan batas kendali terendah yaitu batas kendali bawah (BKB). Jika terdapat titik data yang melewati batas kendali atas atau batas kendali bawah maka hal tersebut menunjukkan bahwa proses produksi tidak terkendali dan jika semua titik data berada dalam batas kendali maka hal tersebut menunjukkan bahwa proses produksi terkendali.

Bentuk umum diagram kontrol yaitu misalkan w sebagai sampel karakteristik kualitas, μ sebagai rata-rata dan σ sebagai standar deviasi dari x . Oleh karena itu, GT, BKA dan BKB dinyatakan sebagai berikut:

$$BKA = \mu_x + L\sigma_x \quad (5)$$

$$GT = \mu_x \quad (6)$$

$$BKB = \mu_x - L\sigma_x \quad (7)$$

Dengan L merupakan jarak dari garis tengah. Diagram kontrol yang dikembangkan berdasarkan prinsip-prinsip ini disebut diagram kontrol Shewhart. Diagram kontrol Shewhart dibagi menjadi dua jenis, yaitu diagram kontrol variabel dan diagram kontrol atribut. Diagram kontrol variabel digunakan untuk data kualitas yang dapat diukur, seperti dimensi, berat, dan volume. Sementara itu, diagram kontrol atribut digunakan untuk data karakteristik kualitas yang tidak diukur dengan skala numerik (Vindasari dkk., 2020). Adapun contoh dari diagram kontrol variabel yaitu diagram kontrol $\bar{X}$ dan R , $\bar{X}$ dan S dan diagram kontrol I-MR. Sedangkan contoh diagram kontrol atribut yaitu diagram kontrol p , np , c , dan u .

1.4.5 Diagram Kontrol U

Diagram kontrol U adalah salah satu jenis dari diagram kontrol atribut. Untuk menghitung data cacat pada diagram kontrol U, terlebih dahulu dihitung data cacat dari setiap n sampel yaitu nilai u_i dengan $i = 1, 2, \dots, m$. Nilai u_i kemudian diplotkan pada diagram kontrol U menggunakan rumus yang telah ditentukan. Adapun untuk mencari nilai u_i adalah sebagai berikut:

$$u_i = \frac{x_i}{n_i} \quad (8)$$

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^m x_i}{\sum_{i=1}^m n_i} \quad (9)$$

Secara umum bentuk diagram kontrol ditunjukkan pada Persamaan (5) hingga Persamaan (7). Berdasarkan bentuk diagram kontrol maka:

$$BKA = \mu_{u_i} + L\sigma_{u_i} \quad (10)$$

$$GT = \mu_{u_i} \quad (11)$$

$$BKB = \mu_{u_i} - L\sigma_{u_i} \quad (12)$$

Selanjutnya, nilai ekspektasi dan variansi dari diagram kontrol u adalah sebagai berikut:

$$x_i \sim \text{Poisson}(\lambda_i) \quad (13)$$

dengan λ_i adalah rata-rata cacat untuk setiap sampel ke- i , maka:

$$\begin{aligned} \mu_{u_i} &= E(u_i) \\ \mu_{u_i} &= \frac{E(x_i)}{n_i} \\ \mu_{u_i} &= \frac{\sum_{k=0}^{\infty} k \cdot P(x_i = k)}{n_i} \\ \mu_{u_i} &= \frac{\sum_{k=0}^{\infty} k \cdot \frac{(\lambda n_i)^k e^{-\lambda n_i}}{k!}}{n_i} \\ \mu_{u_i} &= \frac{e^{-\lambda n_i} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{k(\lambda n_i)^k}{k!}}{n_i} \\ \mu_{u_i} &= \frac{e^{-\lambda n_i} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(\lambda n_i)^k}{(k-1)!}}{n_i} \end{aligned}$$

Dengan melakukan substitusi indeks $m = k - 1$ maka penjumlahan menjadi:

$$\mu_{u_i} = \frac{e^{-\lambda n_i} (\lambda n_i) \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(\lambda n_i)^m}{m!}}{n_i}$$

Penjumlahan di atas adalah deret Taylor dari $e^{\lambda n_i}$, yang memiliki bentuk umum:

$$e^{\lambda n_i} = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(\lambda n_i)^m}{m!}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \mu_{u_i} &= \frac{e^{-\lambda n_i} (\lambda n_i) e^{\lambda n_i}}{n_i} \\ \mu_{u_i} &= \frac{\lambda n_i}{n_i} \\ \mu_{u_i} &= \lambda = \bar{u} \end{aligned} \quad (14)$$

Adapun nilai variansinya adalah:

$$\text{Var}(u_i) = \text{Var}\left(\frac{x_i}{n_i}\right)$$

$$\begin{aligned}
Var(u_i) &= \left(\frac{1}{n_i}\right)^2 Var(x_i) \\
Var(x_i) &= E(x_i) \\
Var(u_i) &= \left(\frac{1}{n_i}\right)^2 \lambda n_i \\
Var(u_i) &= \frac{\lambda}{n_i} \\
Var(u_i) &= \frac{\bar{u}}{n_i}
\end{aligned} \tag{15}$$

Oleh karena itu, batas kendali diagram kontrol U dapat diperoleh sebagai berikut:

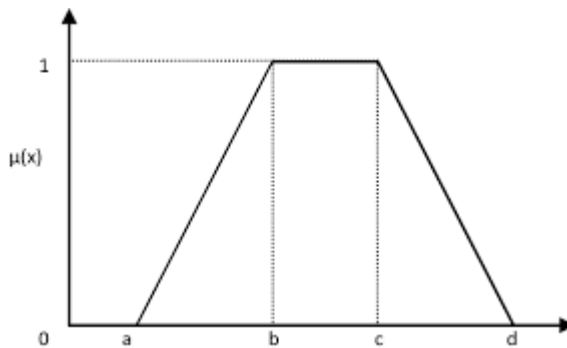
$$BKA = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \tag{16}$$

$$GT = \mu_{u_i} = \bar{u} \tag{17}$$

$$BKB = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \tag{18}$$

1.4.6 Logika Fuzzy

Teori himpunan *Fuzzy* adalah kerangka matematika yang digunakan untuk merepresentasikan kesamaran, ketidakpastian dan keterbatasan informasi. Fungsi keanggotaan merupakan komponen utama yang sangat berpengaruh pada teori himpunan *Fuzzy*. Fungsi keanggotaan (*membership function*) merupakan sebuah kurva yang menggambarkan pemetaan setiap titik data input ke nilai keanggotaannya. Salah satu metode untuk menentukan nilai keanggotaan adalah dengan pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan, namun yang paling umum adalah representasi kurva *triangular* dan *trapezoidal*. Kurva *trapezoidal* (trapezium) pada dasarnya mirip dengan kurva *triangular*, namun terdapat beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 yang dapat dilihat pada Gambar 1 (Fauzia dkk., 2020).



Gambar 1. Kurva *Trapezoidal* (Trapezium)

Fungsi keanggotaan:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & ; x \geq d \end{cases} \quad (19)$$

1.4.7 Diagram Kontrol Fuzzy U

Diagram kontrol *Fuzzy* adalah diagram kontrol yang cocok digunakan untuk observasi yang menghasilkan data yang tidak pasti, kurang jelas, dan didasarkan pada subjektivitas individu. Diagram kontrol U adalah salah satu diagram kontrol yang menggunakan konsep *Fuzzy*. Langkah pertama yang dilakukan dalam perhitungan diagram kontrol *fuzzy U* yaitu dengan menghitung bobot cacat dengan masing-masing nilai *crisp* menggunakan tabel *crisp score* yang dapat dilihat pada Tabel 1 (Tong dan Su., 1997). Oleh karena itu, perhitungan bobot cacat ditunjukkan pada persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Nilai pembobot cacat kategori A} &= \frac{B_a}{T_b} \times 100\% \\ \text{Nilai pembobot cacat kategori B} &= \frac{B_b}{T_b} \times 100\% \\ \text{Nilai pembobot cacat kategori C} &= \frac{B_c}{T_b} \times 100\% \\ \text{Nilai pembobot cacat kategori D} &= \frac{B_d}{T_b} \times 100\% \end{aligned} \quad (20)$$

dengan B_a, B_b, B_c, B_d adalah nilai *crisp* dari masing-masing cacat kategori dan T_b adalah total keseluruhan nilai *crisp*. Kemudian dilakukan transformasi data menjadi *fuzzy number* untuk masing-masing kategori yang dapat dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned} a_i &= c_{A_i} \times w_A \\ b_i &= c_{B_i} \times w_B \\ c_i &= c_{C_i} \times w_C \\ d_i &= c_{D_i} \times w_D \end{aligned} \quad (21)$$

dengan $c_{A_i}, c_{B_i}, c_{C_i}, c_{D_i}$ adalah jumlah cacat perhari untuk masing-masing kategori A, B, C dan D dengan $i = 1, 2, \dots, m$ serta w_A, w_B, w_C, w_D menunjukkan nilai bobot cacat pada masing-masing kategori cacat.

Tabel 1. Cripscore Nilai Fuzzy

Scale	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Extremely High</i>								0.954
<i>Very High</i>			0.909		0.917	0.909	0.917	0.864
<i>High-very High</i>							0.875	0.701
<i>High</i>	0.750	0.833	0.717	0.885	0.750	0.733	0.750	0.667
<i>Fairly High</i>				0.700	0.584		0.630	
<i>Mol High</i>						0.637		0.590
<i>Medium</i>	0.583	0.500	0.500	0.500		0.500	0.500	0.500
<i>Mol Low</i>						0.363		0.410
<i>Fair Low</i>				0.300	0.416		0.370	
<i>Low</i>		0.166	0.283	0.115	0.250	0.227	0.250	0.333
<i>Very-very Low</i>							0.125	0.299
<i>Very Low</i>			0.091		0.083	0.091	0.083	0.136
<i>None</i>								0.046

Dalam kasus *trapezoidal*, rata-rata jumlah cacat per unit dianggap sebagai *trapezoidal fuzzy number* (a, b, c, d). Rata-rata dari *fuzzy samples* yang ditunjukkan sebagai $(\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d})$ disebut juga sebagai garis tengah (GT) dengan $(\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d})$ merupakan rata-rata dari a, b, c, d yang dapat ditunjukkan pada persamaan (Pradini & Mashuri., 2016):

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^m a_i}{m}; \frac{\sum_{i=1}^m b_i}{m}; \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m}; \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{m} \quad (22)$$

dengan $i = 1, 2, 3, \dots, m$ dan m merupakan jumlah subgroup pengamatan. Oleh karena itu, nilai BKA, GT, BKB dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$GT = (\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}) = (GT_1; GT_2; GT_3; GT_4) \quad (23)$$

$$\begin{aligned}
 BKA &= GT + 3 \sqrt{\frac{GT}{n}} \\
 BKA &= (GT_1; GT_2; GT_3; GT_4) + 3 \sqrt{\frac{(GT_1; GT_2; GT_3; GT_4)}{n}} \\
 BKA &= \left(GT_1 + 3 \sqrt{\frac{GT_1}{n}}; GT_2 + 3 \sqrt{\frac{GT_2}{n}}; GT_3 + 3 \sqrt{\frac{GT_3}{n}}; GT_4 + 3 \sqrt{\frac{GT_4}{n}} \right) \\
 BKA &= BKA_1; BKA_2; BKA_3; BKA_4
 \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned}
 BKB &= GT - 3 \sqrt{\frac{GT}{n}} \\
 BKB &= (GT_1; GT_2; GT_3; GT_4) - 3 \sqrt{\frac{(GT_1; GT_2; GT_3; GT_4)}{n}} \\
 BKB &= \left(GT_1 - 3 \sqrt{\frac{GT_1}{n}}; GT_2 - 3 \sqrt{\frac{GT_2}{n}}; GT_3 - 3 \sqrt{\frac{GT_3}{n}}; GT_4 - 3 \sqrt{\frac{GT_4}{n}} \right)
 \end{aligned}$$

$$BKB = BKB_1; BKB_2; BKB_3; BKB_4 \quad (25)$$

Diagram kontrol *fuzzy* memiliki beberapa pendekatan, salah satunya yaitu dengan pendekatan *fuzzy mode*. Fungsi keanggotaan dari *trapezoidal* memiliki sifat multimodal, sehingga *fuzzy mode* merupakan himpunan titik-titik yang terletak antara b dan c . Oleh karena itu, GT, BKA dan BKB pada persamaan (13) hingga persamaan (15) akan ditransformasi menggunakan pendekatan *fuzzy mode* untuk menentukan batas kendali diagram (Septilasse dkk., 2020). Adapun batas kendali diagram menggunakan pendekatan *fuzzy mode* dijelaskan pada persamaan berikut:

$$S_{mode,i} = [b_i; c_i] \quad (26)$$

$$GT_{mode} = f_{mode}(GT) = (GT_2; GT_3) \quad (27)$$

$$BKA_{mode} = GT_{mode} + 3 \sqrt{\frac{GT_{mode}}{n}}$$

$$BKA_{mode} = \left(GT_2 + 3 \sqrt{\frac{GT_2}{n}}; GT_3 + 3 \sqrt{\frac{GT_3}{n}}; GT_3 \right)$$

$$BKA_{mode} = BKA_2; BKA_3 \quad (28)$$

$$BKB_{mode} = GT_{mode} - 3 \sqrt{\frac{GT_{mode}}{n}}$$

$$BKB_{mode} = \left(GT_2 - 3 \sqrt{\frac{GT_2}{n}}; GT_3 - 3 \sqrt{\frac{GT_3}{n}}; GT_3 \right)$$

$$BKB_{mode} = BKB_2; BKB_3 \quad (29)$$

Setelah menghitung nilai batas kendali, selanjutnya mencari nilai K_i sebagai berikut:

$$K_i = \begin{cases} 0; & b_i \geq BKA_3 \\ \frac{BKA_3 - b_i}{c_i - b_i}; & (BKB_2 \leq b_i \leq BKA_3) \wedge (c_i \geq BKA_3) \\ 1; & (b_i \geq BKB_2) \wedge (c_i \leq BKA_3) \\ \frac{BKB_2 - b_i}{c_i - b_i}; & (b_i \leq BKB_2) \wedge (BKB_2 \leq c_i \leq BKA_3) \\ 0; & c_i \geq BKB_2 \end{cases} \quad (30)$$

Oleh karena itu, pengambilan keputusan batas kendalnya adalah:

$$\begin{aligned} In \text{ Control}; & K_i = 1(b_i \geq BKB_2 \wedge c_i \leq BKA_3) \\ Out \text{ Of Control}; & K_i = 0(b_i \geq BKA_3 \wedge c_i \leq BKB_2) \\ Rather \text{ In Control}; & K_i \geq k \\ Rather \text{ Out of Control}; & K_i < k \end{aligned} \quad (31)$$

1.4.8 Average Run Length

Average Run Length (ARL) merupakan alat yang efektif dan umum digunakan untuk menilai performa dari diagram kontrol yaitu rata-rata jumlah titik yang dipetakan pada diagram kontrol sebelum kondisi di luar kendali terdeteksi (Alakoc & Apaydin., 2018). Diagram kontrol yang mampu mendeteksi sinyal *out of control* lebih cepat disebut

lebih sensitif terhadap perubahan proses. Persamaan untuk perhitungan ARL secara umum adalah sebagai berikut:

$$ARL = \frac{1}{p} \quad (32)$$

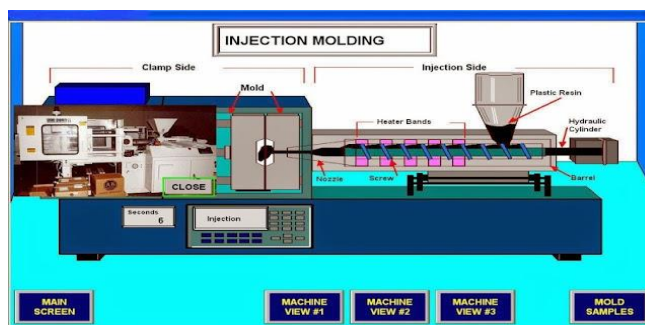
dengan p merupakan probabilitas suatu titik keluar dari batas-batas diagram kontrol. Terdapat dua jenis ARL untuk menilai kinerja dari diagram kontrol, yaitu ARL_0 dan ARL_1 . ARL_0 , $p = \alpha$ = probabilitas kesalahan atau *error* tipe I yang merupakan jumlah rata-rata sampel yang diharapkan sebelum titik pertama terdeteksi di luar batas kontrol saat proses sebenarnya masih berada dalam kendali. Sedangkan untuk ARL_1 , $p = 1 - \beta$ = probabilitas kesalahan atau *error* tipe II yang merupakan jumlah rata-rata sampel yang diharapkan sebelum sinyal di luar batas kontrol muncul ketika proses berada dalam kondisi di luar kendali.

1.4.9 CV. Berkas Anugrah

CV Berkas Anugrah adalah perusahaan yang bergerak di industri manufaktur produk kebutuhan sehari-hari berbahan dasar plastik. Perusahaan ini memproduksi berbagai barang seperti sendok plastik, mainan lato-lato, kantong plastik, dan ember plastik. Dalam proses produksinya, CV Berkas Anugrah menggunakan empat mesin *Injection Molding* yang terdiri dari tipe otomatis dan semi otomatis. Perbedaan antara kedua jenis mesin ini terletak pada kemampuan, waktu, serta durasi proses pembukaan dan penutupan cetakan yang dilakukan oleh operator. Perbedaan tersebut memengaruhi kapasitas produksi serta kualitas cetakan, yang sering kali mengalami kegagalan sehingga menghasilkan produk yang tidak layak digunakan. Terdapat beberapa faktor permasalahan yang menyebabkan kecacatan produk di CV. Berkas Anugrah, yaitu:

- Man*, yaitu durasi operator antara membuka dan menutup cetakan terlalu lama dan kurang fokus merapikan hasil cetakan
- Method*, yaitu terlambat memasukkan ulang bahan
- Machine*, yaitu *molding* tidak presisi dan *clamp* unit macet
- Material*, yaitu bahan ada yang basah dan Ukuran bahan kurang seragam.

Kecacatan yang terjadi pada produk di CV. Berkas Anugrah tentunya memiliki efek yang dapat menurunkan profit pada perusahaan (Firdaus dkk., 2023).



Gambar 2. Mesin *Injection Molding*

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder dari tahun 2022 yang berasal dari publikasi jurnal berjudul "Pengendalian Kualitas Produk Cacat Menggunakan Metode Seven Tools di CV. Berkat Anugrah" oleh Afif Firdaus, Prima Vitasari dan Emmalia Andriantantri (2023). Data tersebut mencakup hasil produksi selama tiga hari kerja yang terbagi menjadi enam shift, dengan setiap shift berlangsung selama delapan jam kerja yang dapat dilihat pada Lampiran 1.

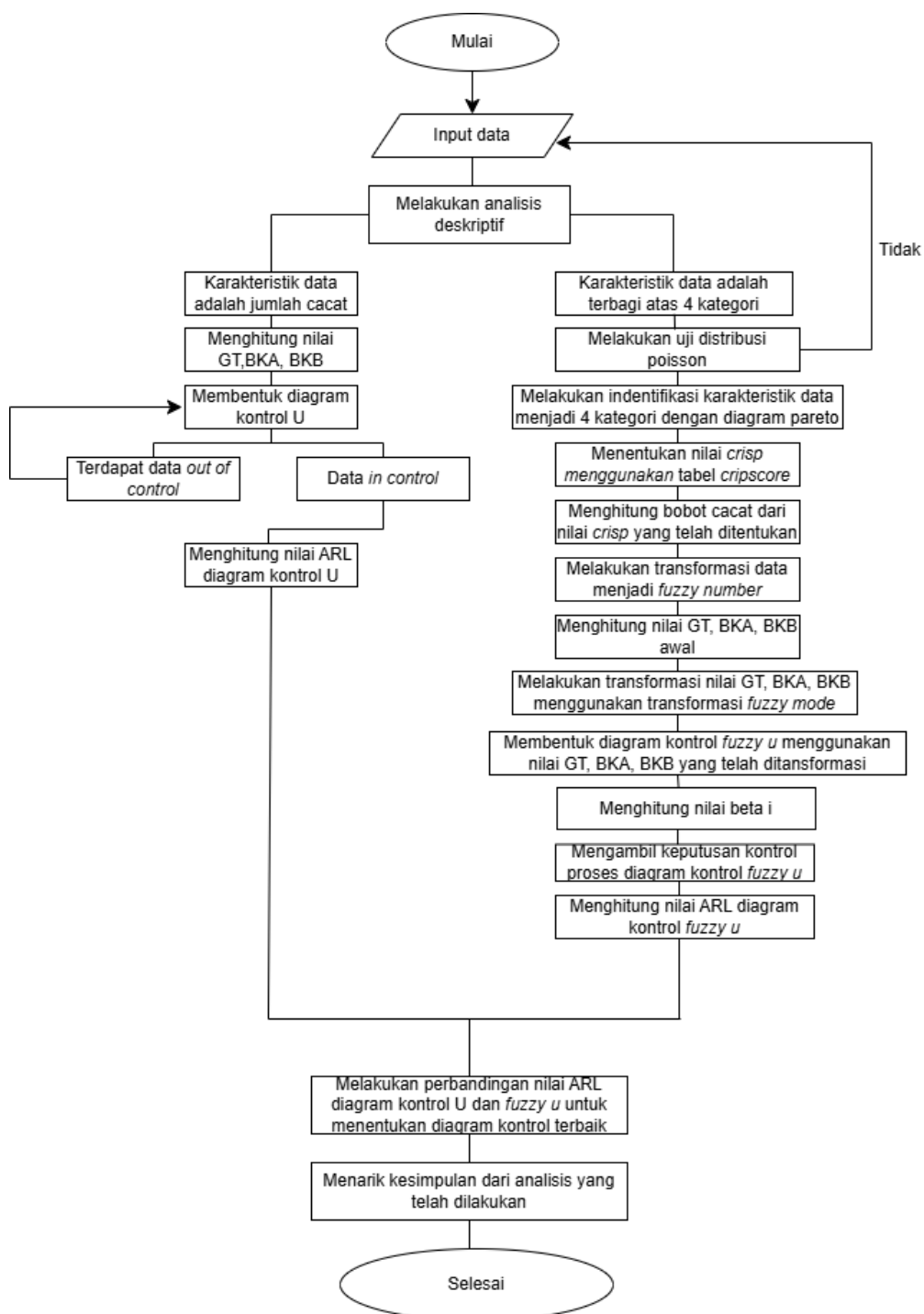
2.2 Tahapan Analisis

Adapun langkah-langkah analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menginput data yang akan digunakan yaitu data produk cacat ember plastik yang terdiri dari empat jenis faktor penyebab kecacatan yaitu *man*, *machine*, *material* dan *method*.
2. Melakukan analisis deskriptif pada data produk cacat ember plastik.
3. Melakukan uji distribusi poisson data produk cacat ember plastik.
4. Menghitung nilai statistik diagram kontrol U menggunakan Persamaan (8) dan nilai GT, BKA, dan BKB untuk diagram kontrol U menggunakan Persamaan (16) hingga Persamaan (18)
5. Membentuk diagram kontrol U menggunakan nilai GT, BKA, dan BKB yang telah diperoleh.
6. Membuat diagram pareto untuk mengidentifikasi karakteristik data menjadi empat kategori kecacatan yaitu *low*, *fair low*, *fairly high* dan *high*.
7. Menentukan nilai *crisp* dari empat kategori kecacatan berdasarkan tabel *crispcore*.
8. Menghitung bobot cacat dengan masing-masing nilai *crisp* yang telah ditentukan menggunakan Persamaan (20).
9. Melakukan transformasi data menjadi *fuzzy number* untuk masing-masing kategori kecacatan menggunakan Persamaan (21).
10. Menghitung nilai GT, BKA, dan BKB awal menggunakan Persamaan (23) hingga Persamaan (25).
11. Melakukan transformasi nilai GT, BKA dan BKB pada Persamaan (23) hingga Persamaan (25) menggunakan pendekatan *fuzzy mode* untuk menentukan batas kendali diagram kontrol *fuzzy U* menggunakan Persamaan (27) hingga Persamaan (29).
12. Membentuk diagram kontrol *fuzzy U* menggunakan nilai GT, BKA, dan BKB dengan pendekatan *fuzzy mode*.
13. Menghitung nilai K_i pada diagram kontrol *fuzzy U* menggunakan Persamaan (30).
14. Mengambil keputusan kontrol proses dari diagram kontrol *fuzzy U* pada data produk cacat ember plastik berdasarkan Persamaan (31).

15. Menghitung nilai ARL diagram kontrol U dan *Fuzzy U* untuk melihat performa dari diagram kontrol U dan *Fuzzy U* yang digunakan pada data produk cacat ember plastik.
16. Melakukan perbandingan ARL diagram kontrol U dan *Fuzzy U* untuk menentukan diagram kontrol terbaik.
17. Menarik kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan.

2.2 Diagram Alir



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian