

# Monitoring Kualitas Kaca di PT. Asahimas Flat Glass Tbk, Sidoarjo Menggunakan Pendekatan Grafik Kendali Bivariat Poisson

Lely Presti Anggraeni, Novri Suhermi, dan Haryono  
 Departemen Statistika, Fakultas Matematika Komputasi dan Sains Data,  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
*e-mail:* haryono@statistika.its.ac.id

**Abstrak** — Kualitas produk merupakan kunci untuk dapat bersaing dalam dunia industri. Grafik kendali merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui proses produksi suatu produk telah terkendali secara statistik atau belum. Penelitian ini mengambil permasalahan pengendalian kualitas produksi kaca lembaran DGFL 5 mm di PT. Asahimas Flat Glass Tbk, Sidoarjo. Karakteristik kualitas yang digunakan adalah Inclusion dan Drip Material yang saling berhubungan. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan membandingkan antara grafik kendali univariat dan grafik kendali bivariat poisson untuk mengetahui kebaikan proses produksi kaca. Hasil dari analisis menunjukkan bahwa grafik kendali univariat lebih sensitif dalam mendeteksi titik-titik pengamatan yang keluar dari batas kendali dibandingkan dengan grafik kendali bivariat poisson karena nilai korelasi yang kecil meskipun hasil korelasi adalah signifikan atau kedua variabel memiliki korelasi. Kedua grafik kendali telah terkendali secara statistik dengan dilakukan iterasi untuk menentukan batas kendali yang optimal. Jenis cacat yang lebih sering terjadi adalah jenis cacat Drip Material dibandingkan jenis cacat Inclusion. Penyebab terjadinya cacat diketahui sehingga dapat digunakan untuk melakukan perbaikan kedepannya.

**Kata Kunci**—Grafik Kendali U Univariat, Grafik Kendali Bivariat Poisson, Diagram Pareto, Diagram Ishikawa

## I. PENDAHULUAN

INDUSTRI kaca merupakan salah satu sektor yang diprioritaskan dalam pengembangannya. Sektor ini juga memiliki nilai tambah yang tinggi karena menghasilkan produk turunan yang bervariasi seperti untuk industri otomotif dan bangunan. Industri kaca nasional menempati posisi pertama di ASEAN sebagai produsen kaca lembaran terbesar. Industri kaca nasional juga mampu menyerap tenaga kerja sebanyak 10 ribu orang. Besarnya potensi pembangunan industri kaca di Indonesia salah satunya didukung oleh ketersediaan bahan baku yang melimpah dan tersebar di seluruh wilayah Indonesia [1].

Kaca merupakan salah satu komponen utama yang digunakan untuk sektor properti dan dengan banyaknya gedung-gedung pencakar langit di Indonesia membuat permintaan kaca terus meningkat. PT. Asahimas Flat Glass Tbk, Sidoarjo merupakan salah satu perusahaan yang bidang produksi kaca lembaran dan kaca otomotif di Indonesia. PT. Asahimas Flat Glass Tbk, Sidoarjo telah dipercaya untuk mendistribusikan produknya ke perusahaan-perusahaan yang ada di Indonesia dan juga diekspor keluar negeri. Salah satu faktor penting untuk menjaga kepercayaan konsumen adalah dengan menjaga kualitas produk tetap sesuai standar yang ada. Salah satu produk kaca yang paling sering dipesan di PT.

Asahimas Flat Glass Tbk, Sidoarjo adalah kaca lembaran jenis DGFL untuk ukuran ketebalan 5 mm.

Metode statistik yang dapat digunakan untuk mengontrol dan mengetahui stabilitas proses produksi adalah grafik kendali. Jika karakteristik yang digunakan tidak dapat dinyatakan secara numerik dan diklasifikasikan sesuai batas spesifikasi maka disebut kualitas atribut [2]. Jika pemeriksaan obyek secara atribut dilakukan pada lebih dari satu karakteristik kualitas maka grafik kendali yang digunakan adalah grafik kendali bivariat atribut [3]. Ketika data yang digunakan adalah jumlah cacat pada setiap sampel dan jumlah cacat tersebut diklasifikasikan lebih dari 2 kategori cacat maka model yang sesuai adalah dengan menggunakan grafik kendali bivariat poisson [4]. Dalam penelitian ini kaca lembaran DGFL 5 mm memiliki karakteristik kualitas yang berkorelasi yaitu *Inclusion* dan *Drip Material*. Pengendalian kualitas di PT. Asahimas Flat Glass Tbk, Sidoarjo sementara ini hanya memonitoring produk menggunakan cara yang sederhana. Oleh karena itu, dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah grafik kendali univariat dan grafik kendali bivariat poisson. Penelitian ini di harapkan dapat menjadi bahan evaluasi dan masukan untuk PT. Asahimas Flat Glass Tbk, Sidoarjo pada pengendalian kualitas produk yang di produksi khususnya pada produk kaca lembaran DGFL 5 mm dengan cara membandingkan hasil dari kedua grafik kendali. Sehingga dalam waktu mendatang PT. Asahimas Flat Glass Tbk, Sidoarjo dapat meningkatkan kualitas dari produk yang dihasilkan.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Faisol Yusuf (2012) dengan judul “Penerapan Diagram Bivariat Poisson pada Pengendalian Kualitas Ring Botol di PT. X”. Hasil analisis yang diperoleh adalah diagram kontrol bivariat poisson lebih sensitif untuk data yang memiliki korelasi tinggi sedangkan diagram kontrol univariat lebih sensitif untuk data yang memiliki korelasi rendah [5].

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi peringkat Spearman- $\rho$  digunakan untuk pengukuran korelasi pada statistik nonparametrik (skala ordinal). Misal data terdiri dari sampel acak bivariat berukuran  $n$ , yaitu  $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$ . Misalkan  $R(X_i)$  adalah rank dari  $X_i$  dibandingkan dengan nilai  $X$  lainnya, untuk  $i = 1, 2, \dots, n$ .  $R(X_i) = 1$  jika  $X_i$  adalah nilai  $X$  terkecil dari  $X_1, X_2, \dots, X_n$ ,  $R(X_i) = 2$  jika  $X_i$  adalah nilai  $X$  terkecil kedua, dan seterusnya dengan rank  $n$  ditandai sebagai nilai  $X_i$  terbesar. Begitu juga untuk  $R(Y_i)$ . Jika diantara nilai  $X_i$  atau diantara

nilai  $Y_i$  terdapat angka sama, maka masing-masing nilai yang sama diberi peringkat rata-rata dari posisi-posisi yang seharusnya [6]. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$H_0$  :  $X$  dan  $Y$  saling bebas

$H_1$  :  $X$  dan  $Y$  saling berhubungan

Statistik uji yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)} \tag{1}$$

dengan

$$\sum_{i=1}^n d_i^2 = \sum_{i=1}^n [R(X_i) - R(Y_i)]^2 \tag{2}$$

Apabila ukuran sampel lebih besar dari 30 maka persamaan (1) tidak dapat digunakan untuk menguji korelasi Spearman- $\rho$  sehingga persamaan yang digunakan adalah seperti pada persamaan (2) berikut.

$$z = r_s \sqrt{n-1} \tag{3}$$

Langkah-langkah untuk menghitung koefisien korelasi Spearman- $\rho$  adalah sebagai berikut [7].

1. Memberi peringkat untuk masing-masing pengamatan  $X$  mulai dari 1 hingga  $n$ , juga untuk pengamatan  $Y$  diberi peringkat mulai dari 1 sampai  $n$ .
2. Menentukan  $\sum_{i=1}^n d_i^2$  yaitu jumlah kuadrat dari selisih-selisih

antara rank-rank  $X_i$  dan  $Y_i$  untuk masing-masing pengamatan.  
 3. Menggunakan persamaan (1) untuk menghitung nilai  $r_s$  dan dilanjutkan menghitung nilai  $z$  sesuai persamaan (3).

**B. Grafik Kendali U Univariat**

Grafik kendali  $u$  adalah salah satu grafik kendali untuk ketidaksesuaian dengan ukuran sampel yang sama atau berbeda dengan ukuran unit pemeriksaan untuk rata-rata banyak cacat atau ketidaksesuaian per unit. Grafik kendali  $u$  merupakan grafik kendali atribut dikarenakan hanya mengukur cacat yang terjadi [2]. Berikut adalah rumus untuk grafik kendali  $u$  univariat sesuai persamaan (2) dan batas kendali untuk grafik kendali  $u$  univariat sesuai persamaan (3).

$$u_i = \frac{c_i}{n_i} \tag{2}$$

$$\begin{aligned} \text{Batas Kendali Atas : } & \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \\ \text{Garis Tengah : } & \bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^m u_i}{m} \end{aligned} \tag{3}$$

$$\text{Batas Kendali Bawah : } \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

Keterangan :

$u_i$  : unit cacat per unit

$c_i$  : cacat ke- $i$

$n_i$  : jumlah cacat yang diamati.

**C. Grafik Kendali Bivariat Poisson**

Grafik kendali  $c$  dan  $u$  secara umum diterapkan dengan menggunakan distribusi poisson untuk memonitor jumlah cacat dalam proses univariat. Namun di dunia industri terkadang menggunakan lebih dari satu karakteristik kualitas dalam pengaplikasiannya sehingga digunakan grafik kendali bivariat poisson [4].

Misalkan variabel  $X_j$  adalah jumlah cacat atau ketidaksesuaian untuk karakteristik kualitas  $j$  dengan  $j =$

$1, 2, \dots, p$ . Asumsikan data  $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_p)$  mengikuti distribusi poisson  $p$ -variate dengan sifat *joinly*. Setiap  $X_j$  mengikuti distribusi poisson secara marginal dengan rata-rata ( $\lambda_j$ ) dan kovarian antara dua variabel ( $X_j, X_k$ ) adalah  $\theta_0$ . Sehingga untuk mencari nilai statistik  $D$  yaitu jumlah dari  $X_j$  adalah seperti persamaan (4) berikut.

$$D = \sum_{j=1}^p x_j, j = 1, 2, \dots, p \tag{4}$$

Fungsi distribusi probabilitas yang sesuai dengan  $D$  untuk  $p = 2$  atau untuk  $D$  adalah seperti persamaan (5).

$$P(D = d) = \exp[-(\lambda_1 + \lambda_2 - \theta_0)] \sum_{i=0}^{\lfloor d/2 \rfloor} \frac{(\lambda_1 + \lambda_2 - 2\theta_0)^{d-2i} \theta_0^i}{(d-2i)! i!} \tag{5}$$

dengan  $d = 0, 1, 2, \dots, \infty$ . Persamaan (5) tidak memadai untuk proses dengan lebih dari dua variabel. Sehingga dibutuhkan persamaan bentuk umum untuk menemukan fungsi distribusi probabilitas dari  $D$  untuk  $p \geq 3$ . Mempertimbangkan  $p = 3$  dan dengan metode transformasi variabel maka didapatkan hasil sesuai persamaan (6) sebagai berikut.

$$P(D = d) = \exp[-(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 - 2\theta_0)] \sum_{i=0}^{\lfloor d/3 \rfloor} \frac{(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 - 3\theta_0)^{d-3i} \theta_0^i}{(d-3i)! i!} \tag{6}$$

dengan  $d = 0, 1, 2, \dots, \infty$ . Jika menggunakan kasus  $p > 3$  maka fungsi distribusi probabilitas untuk  $D$  seperti pada persamaan (7) berikut.

$$P(D = d) = \exp\left\{-\left[\sum_{j=1}^p \lambda_j - (p-1)\theta_0\right]\right\} \sum_{i=0}^{\lfloor d/p \rfloor} \frac{(\sum_{j=1}^p \lambda_j - p\theta_0)^{d-pi} \theta_0^i}{(d-pi)! i!} \tag{7}$$

Batas kontrol dapat ditentukan berdasarkan persamaan (8) dan (9) seperti berikut.

$$\begin{aligned} P(D > UCL) &= \sum_{d=UCL}^{\infty} \exp\left\{-\left[\sum_{j=1}^p \lambda_j - (p-1)\theta_0\right]\right\} \sum_{i=0}^{\lfloor d/p \rfloor} \frac{(\sum_{j=1}^p \lambda_j - p\theta_0)^{d-pi} \theta_0^i}{(d-pi)! i!} \leq \frac{\alpha}{2} \\ &= 1 - \sum_{d=0}^{UCL-1} \exp\left\{-\left[\sum_{j=1}^p \lambda_j - (p-1)\theta_0\right]\right\} \sum_{i=0}^{\lfloor d/p \rfloor} \frac{(\sum_{j=1}^p \lambda_j - p\theta_0)^{d-pi} \theta_0^i}{(d-pi)! i!} \leq \frac{\alpha}{2} \end{aligned} \tag{8}$$

$$P(D < LCL) = \sum_{d=0}^{LCL} \exp\left\{-\left[\sum_{j=1}^p \lambda_j - (p-1)\theta_0\right]\right\} \sum_{i=0}^{\lfloor d/p \rfloor} \frac{(\sum_{j=1}^p \lambda_j - p\theta_0)^{d-pi} \theta_0^i}{(d-pi)! i!} \leq \frac{\alpha}{2} \tag{9}$$

Proses bivariat poisson dengan nilai rata-rata yang kecil untuk setiap variabel  $X_j$  umumnya akan mengarah ke nilai  $D$  yang kecil atau bernilai 0. Hal ini akan menyebabkan probabilitas  $P(D=0)$  sebagian besar lebih besar dari  $\alpha/2$ . Jika probabilitas  $P(D=0)$  lebih besar dari  $\alpha/2$  maka nilai LCL yang digunakan adalah 0 dan hanya nilai UCL yang dicari menggunakan nilai  $\alpha$  seperti pada persamaan (10) berikut.

$$\begin{aligned} P(D > UCL) &= \sum_{d=UCL}^{\infty} \exp\left\{-\left[\sum_{j=1}^p \lambda_j - (p-1)\theta_0\right]\right\} \sum_{i=0}^{\lfloor d/p \rfloor} \frac{(\sum_{j=1}^p \lambda_j - p\theta_0)^{d-pi} \theta_0^i}{(d-pi)! i!} \leq \alpha \\ &= 1 - \sum_{d=0}^{UCL-1} \exp\left\{-\left[\sum_{j=1}^p \lambda_j - (p-1)\theta_0\right]\right\} \sum_{i=0}^{\lfloor d/p \rfloor} \frac{(\sum_{j=1}^p \lambda_j - p\theta_0)^{d-pi} \theta_0^i}{(d-pi)! i!} \leq \alpha \end{aligned} \tag{10}$$

Jika  $\lambda_j$  dan  $\theta_0$  tidak diketahui, maka nilainya dapat diperkirakan dari sampel data yang diamati. Ketika nilai UCL diketahui, maka nilai  $D$  dapat di plot pada peta *Bivariate Poisson* (MP chart) dan memonitor prosesnya. Distribusi normal dapat digunakan untuk memperkiraan distribusi poisson ketika nilai rata-rata lebih besar dari 5 [8]. Sama seperti pada hasil yang didapatkan dari simulasi oleh [4]. Ketika  $D = \sum_{j=1}^p \lambda_j$  lebih besar dari 5 maka pendekatan dengan distribusi normal adalah pilihan terbaik. Dengan menggunakan perkiraan distribusi normal, batas kendali

untuk grafik kendali *Shewhart* dapat diperoleh dari nilai rata-rata dan varian untuk  $D$  seperti pada persamaan (11) dan (12).

$$E(D) = E\left(\sum_{j=1}^p x_j\right) = \sum_{j=1}^p E(x_j) = \sum_{j=1}^p \lambda_j \tag{11}$$

$$\begin{aligned} V(D) &= V\left(\sum_{j=1}^p x_j\right) = \sum_{j=1}^p V(x_j) + 2\sum_{j<k} \text{cov}(x_j, x_k) \tag{12} \\ &= \sum_{j=1}^p \lambda_j + 2\sum_{j<k} \rho_{jk} \sqrt{V(x_j)V(x_k)} \\ &= \sum_{j=1}^p \lambda_j + 2\sum_{j<k} \rho_{jk} \sqrt{\lambda_j \lambda_k} \end{aligned}$$

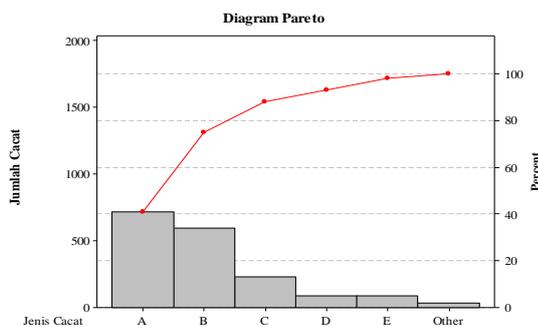
$\lambda_j$  adalah rata-rata dari jenis cacat atau ketidaksesuaian ke- $j$  dan  $\rho_{jk}$  adalah koefisien korelasi antara  $X_j$  dan  $X_k$ . Oleh karena itu batas kendali dan garis tengah dari grafik kendali *Shewhart* ditunjukkan oleh persamaan (13).

$$\begin{aligned} UCL &= \sum_{j=1}^p \lambda_j + 3\left(\sum_{j=1}^p \lambda_j + 2\sum_{j<k} \rho_{jk} \sqrt{\lambda_j \lambda_k}\right) \tag{13} \\ CL &= \sum_{j=1}^p \lambda_j \\ LCL &= \sum_{j=1}^p \lambda_j - 3\left(\sum_{j=1}^p \lambda_j + 2\sum_{j<k} \rho_{jk} \sqrt{\lambda_j \lambda_k}\right) \end{aligned}$$

Ketika nilai  $\lambda_j$  dan  $\rho_{jk}$  tidak diketahui, maka dapat diestimasi dengan menggunakan nilai observasi dari data sampel [4].

**D. Diagram Pareto**

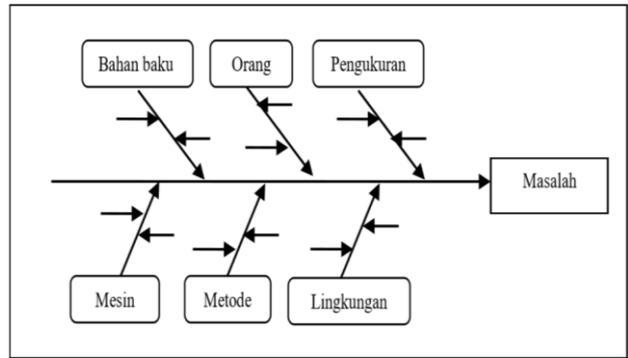
Diagram pareto merupakan salah satu dari tujuh alat pengendalian mutu. Diagram pareto ialah suatu diagram batang yang menggambarkan urutan permasalahan dari persentase terbesar ke persentase terkecil yaitu urutan permasalahan yang paling banyak terjadi sampai yang paling sedikit terjadi yang ditunjukkan dengan grafik tertinggi (paling kiri) hingga grafik terendah (paling kanan). Digunakan untuk menunjukkan permasalahan yang paling berpengaruh terhadap proses produksi sehingga dapat segera dilakukan perbaikan terhadap proses produksi tersebut. Gambar 1 adalah contoh diagram pareto [2].



Gambar 1. Diagram Pareto.

**E. Diagram Ishikawa**

Menurut Montgomery [2], teknik yang berguna untuk analisis ketidaksesuaian lebih lanjut adalah diagram sebab dan akibat (juga dinamakan diagram tulang ikan atau diagram *Ishikawa*). Diagram sebab dan akibat digunakan untuk melukiskan dengan jelas berbagai sumber ketidaksesuaian dalam produk dan saling hubungannya. Berguna dalam memusatkan perhatian operator, insinyur produksi, dan pimpinan dalam masalah kualitas. Mengembangkan diagram sebab dan akibat yang baik biasanya memajukan tingkat pemahaman teknologi proses. Pemakaian diagram *ishikawa* yang paling umum adalah untuk mencegah cacat serta mengembangkan kualitas produk. Gambar 2 adalah contoh dari diagram *ishikawa*.



Gambar 2. Diagram *Ishikawa*.

**F. Profil Perusahaan**

PT. Asahimas Flat Glass Tbk, Sidoarjo merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang produksi kaca lembaran dan kaca otomotif di Indonesia. PT. Asahimas Flat Glass Tbk, Sidoarjo memproduksi berbagai jenis kaca lembaran sesuai dengan permintaan konsumen dalam negeri maupun luar negeri. Salah jenis kaca yang paling sering diproduksi adalah jenis kaca DGFL (*Dark Grey Float Glass*). Kaca jenis ini diproduksi untuk konsumen dalam negeri yang biasanya digunakan untuk rumah, hotel, mall, dan yang lainnya. Jenis kaca lembaran (*float glass*) dibedakan menjadi 5, yaitu *clear glass* (kaca bening), *tinted glass* (kaca berwarna), *reflective glass*, *figure glass*, dan *low emissivity glass*. Kaca lembaran (*float glass*) yang diproduksi oleh PT. Asahimas Flat Glass Tbk, Sidoarjo memiliki varian ketebalan yang berbeda. Jenis kaca DGFL memiliki ketebalan mulai dari 2 mm, 3 mm, sampai dengan 12 mm.

**III. METODOLOGI PENELITIAN**

**A. Variabel Penelitian**

Data yang digunakan adalah data sekunder dari hasil inspeksi di departemen *Quality Control* (QC) dan *Quality Assurance* (QA) PT. Asahimas Flat Glass Tbk, Sidoarjo. Data sekunder yang digunakan adalah hasil inspeksi karakteristik kualitas produk kaca lembaran jenis DGFL 5 mm. Pengamatan dilakukan pada periode produksi bulan Januari-Maret 2019. Inspeksi yang dilakukan untuk pengambilan sampel ini ada pada tahap *final inspection* yaitu ketika cacat *primary defect* dan *secondary defect* diinspeksi secara bersamaan oleh operator.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Jenis Cacat	Definisi Operasional	Simbol
<i>Inclusion</i>	Jenis batuan kecil dalam kaca akibat proses peleburan bahan baku yang kurang sempurna	$X_1$
<i>Drip Material</i>	Material yang menempel pada permukaan kaca	$X_2$

Tabel 2. Struktur Data Penelitian

Pengamatan (m)	Sampel (n)	Karakteristik Kualitas (j)	
		<i>Inclusion</i>	<i>Drip Material</i>
1	$n_1$	$X_{(1)1}$	$X_{(1)2}$
2	$n_2$	$X_{(2)1}$	$X_{(2)2}$
...	...	...	...
199	$n_{199}$	$X_{(199)1}$	$X_{(199)2}$

**B. Langkah Penelitian**

Langkah analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Melakukan eksplorasi karakteristik kualitas data penelitian.
2. Melakukan analisis korelasi untuk mengetahui hubungan antar variabel.
3. Melakukan analisis grafik kendali *u* univariat.
4. Melakukan analisis grafik kendali bivariat poisson dengan cara sebagai berikut.
  - a. Menghitung nilai *D*.
  - b. Mencari nilai UCL dan LCL.
5. Mengidentifikasi proses yang sudah berada dalam proses (*process in control*) dan proses yang keluar dari batas kendali (*process out of control*).
6. Mengidentifikasi jenis cacat terbesar ke terkecil dengan menggunakan diagram pareto.
7. Mengidentifikasi penyebab terjadinya produk yang keluar batas kendali dengan diagram ishikawa.
8. Melakukan interpretasi dan kesimpulan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Data

Analisis karakteristik kualitas produk kaca lembaran DGFL 5 mm PT. Asahimas Flat Glass Tbk, Sidoarjo dapat digambarkan secara ringkas dengan menggunakan statistika deskriptif. Ini digunakan untuk mengetahui modus, varian, nilai minimum, dan nilai maksimum dari karakteristik kualitas. Hasil analisis statistika deskriptif dari hasil produksi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3.  
Karakteristik Data Kualitas Kaca DGFL 5 mm

Karakteristik Kualitas	Modus	Varian	Minimal	Maksimal
<i>Inclusion</i>	0	1,3656	0	6
Drip Material	8	14,257	0	30

Tabel 3 menunjukkan karakteristik data hasil produksi kaca lembaran DGFL 5 mm pada produksi bulan Januari hingga Maret 2019. Jumlah cacat yang sering muncul pada variabel *Inclusion* menunjukkan angka 0 yang berarti bahwa jenis cacat ini tidak sering terjadi berbeda dengan variabel Drip Material yang menunjukkan angka 8 yang berarti bahwa jumlah cacat yang sering terjadi untuk jenis cacat ini adalah sebanyak 8. Variasi dari hasil pengamatan pada jenis cacat Drip Material juga perlu diperhatikan karena terlalu besar jika dibandingkan dengan variasi untuk jenis cacat *Inclusion*. Jumlah cacat maksimal untuk jenis cacat *Inclusion* lebih kecil jika dibandingkan dengan jenis cacat Drip Material sehingga jenis cacat Drip Material perlu untuk lebih diperhatikan.

B. Pengujian Korelasi Spearman-rho

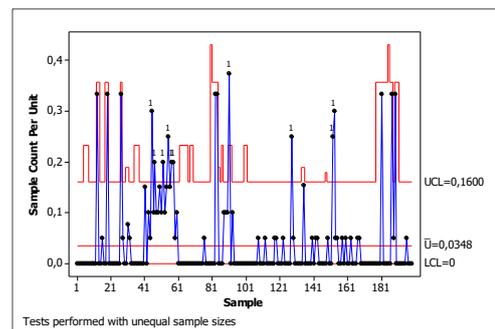
Asumsi yang harus dipenuhi adalah terdapat korelasi antar variabel. Pengujian korelasi dengan menggunakan Spearman-rho digunakan karena data tidak berdistribusi normal melainkan berdistribusi poisson. Proses produksi yang dilakukan telah mengikuti seluruh aturan sehingga proses produksi mengikuti distribusi Poisson. Jumlah cacat yang terjadi pada setiap karakteristik kualitas juga mengikuti distribusi yaitu jumlah produk cacat sedikit jika dibandingkan jumlah pengamatan yang besar.

Berdasarkan *output* SPSS didapatkan nilai signifikansi sebesar 0,014 yang kurang dari  $\alpha$  sebesar 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa data berkorelasi. Hal ini menunjukkan bahwa variabel *Inclusion* dan Drip Material memiliki korelasi positif sebesar 0,173. Jika melihat nilai signifikansinya maka

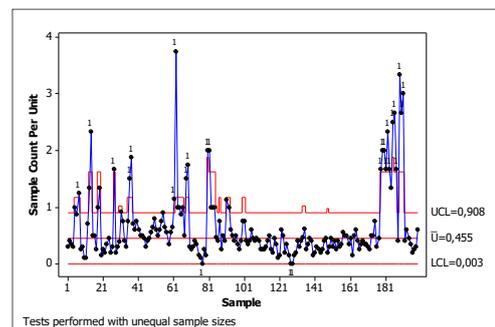
dapat disimpulkan bahwa kedua variabel memiliki hubungan meskipun dengan nilai yang kecil.

C. Grafik Kendali *U* Univariat

Analisis secara univariat dilakukan tanpa mempertimbangkan hubungan atau korelasi antar variabel. Variabel *Inclusion* dan Drip Material masing-masing akan dianalisis menggunakan grafik kendali *u* univariat untuk mengetahui apakah proses produksi telah terkendali secara statistik. Pengendalian proses statistik secara univariat dibutuhkan untuk mengidentifikasi pengamatan yang keluar dari batas kendali dan untuk menentukan batas kendali yang optimum dengan mempertimbangkan tidak ada plot atau titik-titik yang keluar dari batas kendali sehingga dapat memantau pengamatan selanjutnya. Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan hasil evaluasi untuk variabel *Inclusion* dan Drip Material.

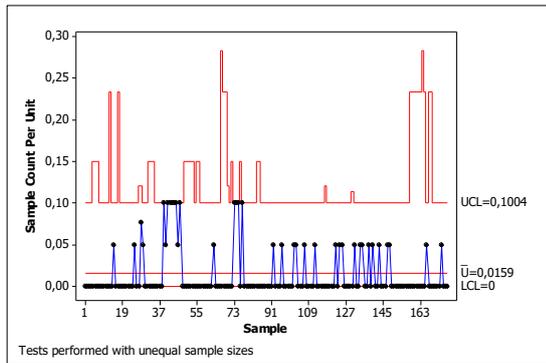


Gambar 3 Grafik Kendali *U* Univariat Variabel *Inclusion*.

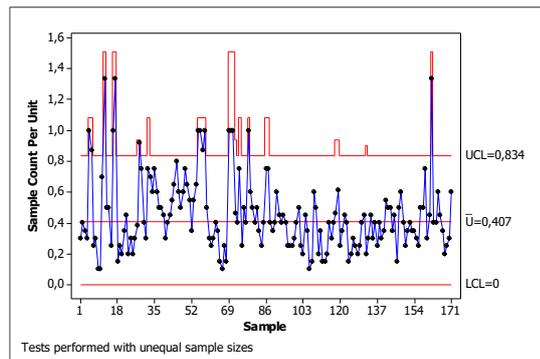


Gambar 4 Grafik Kendali *U* Univariat Variabel Drip Material.

Berdasarkan Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa terdapat titik yang keluar dari batas pengamatan pada grafik kendali *u* univariat, artinya variabilitas proses maupun rata-rata proses belum terkendali secara statistik. Maka evaluasi terhadap variabilitas proses dan rata-rata proses perlu dilakukan. Pada Gambar 3 untuk variabel *Inclusion* diketahui bahwa terdapat 10 titik pengamatan yang keluar dari batas kendali yaitu pada pengamatan ke 45, 47, 52, 55, 57, 58, 91, 128, 152, dan 153. Pada Gambar 4 untuk variabel Drip Material diketahui bahwa terdapat 26 titik pengamatan yang keluar dari batas kendali yaitu pada pengamatan ke 7, 14, 27, 36, 37, 61, 62, 68, 69, 77, 80, 81, 127, 128, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 185, 186, 187, 189, 190, dan 191. Titik-titik pengamatan yang keluar dari batas kendali diindikasikan merupakan *outlier* pada proses produksi. Oleh karena itu titik-titik pengamatan tersebut akan langsung dikeluarkan. Penjelasan terhadap data *outlier* akan dibahas secara detail pada diagram Ishikawa. Perbaikan setelah mengeluarkan titik-titik pengamatan dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



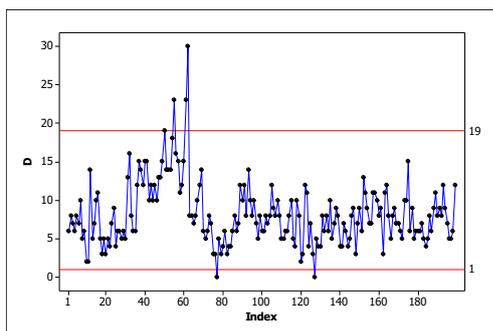
Gambar 5 Grafik Kendali U Univariat Variabel Inclusion Setelah Perbaikan.



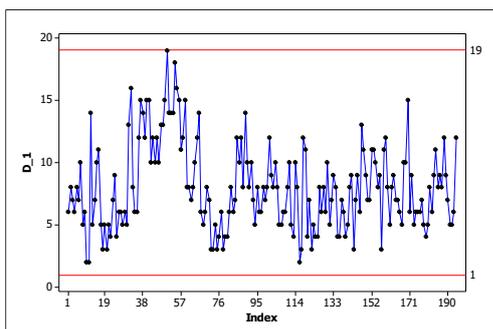
Gambar 6 Grafik Kendali U Univariat Variabel Drip Material Setelah Perbaikan

**D. Grafik Kendali Bivariat Poisson**

Grafik kendali bivariat poisson ini digunakan karena pada pengujian korelasi diketahui bahwa variabel *Inclusion* dan *Drip Material* memiliki nilai korelasi positif. Dalam menentukan batas kendali untuk grafik kendali bivariat poisson diperlukan nilai kovarian. Nilai kovarian berdasarkan *output* MINITAB adalah sebesar 0,66819. Menggunakan perhitungan Microsoft Excel didapatkan nilai LCL sebesar 1 dan UCL sebesar 19. Plot pada grafik kendali bivariat poisson adalah nilai D yaitu jumlah cacat dari jenis cacat *Inclusion* dan jenis cacat *Drip Material*. Gambar 7 merupakan hasil dari grafik kendali bivariat poisson.



Gambar 7 Grafik Kendali Bivariat Poisson.

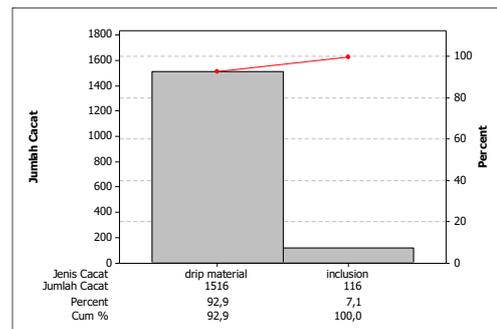


Gambar 8 Grafik Kendali Bivariat Poisson Setelah Perbaikan.

Berdasarkan Gambar 7 dapat diketahui bahwa pada hasil dengan menggunakan grafik kendali bivariat poisson masih terdapat titik-titik yang keluar batas kendali. Penyebab keluarnya plot pada pengamatan akan diketahui dengan menggunakan diagram ishikawa. Setelah dilakukan perbaikan diketahui bahwa nilai kovarian berdasarkan *output* MINITAB adalah sebesar 0,54375. Menggunakan perhitungan Microsoft Excel didapatkan nilai LCL sebesar 1 dan UCL sebesar 19. Perbaikan setelah mengeluarkan titik-titik pengamatan dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.

**E. Diagram Pareto**

Diagram pareto digunakan untuk menggambarkan urutan permasalahan dari persentase terbesar ke persentase terkecil. Dengan melihat diagram pareto menunjukkan permasalahan yang paling berpengaruh terhadap proses produksi sehingga dapat segera dilakukan perbaikan terhadap proses produksi tersebut. Gambar 9 menunjukkan diagram pareto untuk jenis cacat terbesar ke terkecil dari proses produksi kaca lembaran DGFL 5 mm. Jenis cacat yang diteliti adalah jenis cacat *Inclusion* dan *Drip Material*. Setelah mengetahui jenis cacat terbesar yang terjadi maka dapat diidentifikasi proses perbaikan yang tepat untuk dilakukan. Berikut merupakan hasil diagram pareto dari jenis cacat *Inclusion* dan *Drip Material* pada proses produksi kaca lembaran DGFL 5 mm.



Gambar 9 Diagram Pareto.

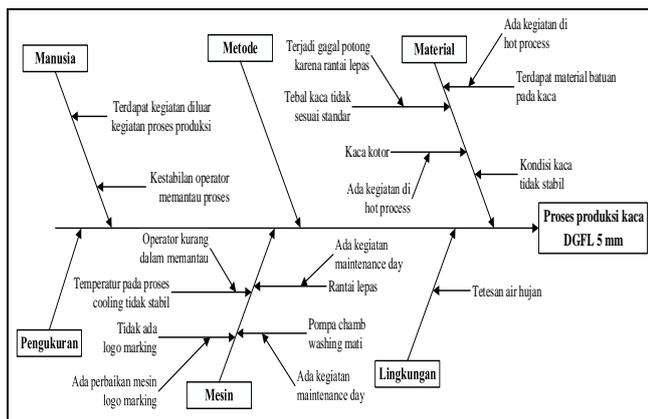
Berdasarkan Gambar 9 dapat diketahui bahwa jenis cacat yang paling banyak terjadi adalah jenis cacat *Drip Material* dibandingkan jenis cacat *Inclusion*. Hal ini dapat menunjukkan bahwa untuk jenis cacat *Drip Material* membutuhkan penanganan khusus sehingga terjadinya jenis cacat ini dapat berkurang.

**F. Diagram Ishikawa**

Tindakan lanjutan dari data pengamatan yang keluar batas kendali atau *outlier* adalah dengan menggunakan diagram *Ishikawa*. Hal ini digunakan untuk mengetahui penyebab-penyebab terjadinya pengamatan yang keluar batas kendali. Gambar 10 akan menjelaskan secara visual penyebab terjadinya data pengamatan *out of control* pada proses produksi kaca lembaran DGFL 5 mm.

Berdasarkan hasil evaluasi proses yang telah dilakukan, maka PT. Asahimas Flat Glass Tbk, Sidoarjo perlu untuk melakukan perbaikan pada produksi kaca lembaran DGFL 5 mm. Sebelum melakukan perbaikan, tentunya pihak perusahaan perlu mengetahui faktor-faktor apa saja yang menjadi penyebab terjadinya produk cacat. Setelah dilakukan penelitian dengan pihak perusahaan didapatkan penyebab dari keadaan produk *out of control*. Faktor yang mempengaruhi produk hasil proses produksi mengalami cacat yang paling banyak ada pada faktor material dan faktor mesin produksi. Terutama dalam hal bahan baku kaca yang

menyebabkan hasil produksi kaca mengalami cacat seperti ketebalan kaca yang tidak merata, kaca masih kotor, dan masih ada material batuan pada kaca. Masalah yang terjadi pada faktor mesin produksi adalah rantai mesin terlepas sehingga menyebabkan potongan kaca tidak merata, pompa *chamb washing* mati, terdapat perbaikan pada mesin logo *marking* sehingga menyebabkan produk kaca ada yang tidak terdapat logo *marking*, dan juga operator kurang dalam memantau sehingga temperatur pada proses *cooling* tidak stabil yang menyebabkan produk cacat. Selain itu faktor manusia atau operator disini adalah adanya kegiatan diluar kegiatan untuk proses produksi sehingga proses produksi mengalami gangguan. Faktor lingkungan yang menyebabkan proses produksi terganggu sehingga terdapat produk cacat adalah adanya tetesan air hujan yang ada di dalam hasil produk kaca.



Gambar 10. Diagram Ishikawa.

## V. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan mengenai pengendalian kualitas pada data hasil proses produksi kaca lembaran DGFL 5 mm PT. Asahimas Flat Glass Tbk, Sidoarjo, maka didapatkan kesimpulan yaitu karakteristik data penelitian diketahui bahwa jenis cacat Drip Material memiliki variasi dan jumlah cacat yang lebih banyak jika dibandingkan dengan jenis cacat *Inclusion*. Berdasarkan grafik kendali *u* univariat dan grafik kendali bivariat poisson dapat disimpulkan proses produksi kaca lembaran DGFL 5 mm telah terkendali secara statistik. Perbedaan hasil terjadi pada grafik kendali *u* univariat dan bivariat poisson yang didasarkan pada adanya korelasi antar variabel. Pada saat pengujian korelasi didapatkan nilai korelasi yang kecil meskipun signifikan yang menyebabkan grafik kendali *u* univariat lebih sensitif dalam mengidentifikasi plot yang keluar dari batas kendali jika dibandingkan dengan grafik kendali bivariat poisson. Variabel *Inclusion* dan Drip

Material tidak terkendali secara statistik baik menggunakan grafik kendali *u* univariat maupun grafik kendali bivariat poisson. Berdasarkan analisis menggunakan diagram pareto diketahui bahwa jenis cacat Drip Material lebih banyak terjadi daripada jenis cacat *Inclusion* dalam proses produksi kaca lembaran DGFL 5 mm dan berdasarkan analisis menggunakan diagram Ishikawa faktor-faktor yang menyebabkan proses belum terkendali (produk *lot out*) adalah masih terdapat material batuan pada kaca, tebal kaca tidak sesuai standar, kaca masih kotor, kondisi kaca yang tidak stabil, rantai mesin lepas, pompa *chamb washing* mati, tidak ada logo *marking*, temperatur pada proses *cooling* tidak stabil, terdapat kegiatan selain kegiatan proses produksi, dan terdapat tetesan air hujan pada hasil produk kaca. Saran yang dapat diberikan pada PT. Asahimas Flat Glass Tbk, Sidoarjo adalah meninjau kembali bagaimana proses produksi kaca lembaran DGFL 5mm. Banyak faktor yang telah diketahui berdasarkan hasil analisis sebelumnya dan bisa diminimalisir untuk meningkatkan proses produksi. Faktor-faktor yang telah diketahui berdasarkan diagram ishikawa dapat digunakan sebagai bahan evaluasi pada proses produksi terutama untuk variabel *Inclusion* dan Drip Material sehingga kedua variabel ini perlu perbaikan dari sumber penyebabnya. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah lebih banyak mengambil data penelitian sehingga pada pengujian korelasi didapatkan hasil yang signifikan dan nilai korelasi yang besar. Pengujian korelasi dapat dilakukan dengan menggunakan metode copula yang dirasa lebih sesuai berdasarkan jenis data yang digunakan. Bisa juga dengan menggunakan lebih banyak parameter dalam analisisnya sehingga hasil yang didapatkan lebih akurat karena pada penelitian ini hanya menggunakan 2 parameter.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Perindustrian, "Industri Kaca," 2016. [Online]. Available: <http://www.kemenperin.go.id/artikel/755/Industri-Kaca-RI-Berpotensi-Jadi-Pemain-Dunia>.
- [2] Montgomery and C. Douglas, *Introduction to Statistical Quality Control*, 6th ed. USA: John Wiley & Sons Inc, 2009.
- [3] N. Johnson and S. Kotz, *Discrete Distributions*. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1969.
- [4] J. Chiu and T. Kuo, "Attribute Control Chart for Bivariate Poisson Distribution," *Commun. Stat. - Theory Methods*, vol. 37, no. 1, 2017.
- [5] F. Yusuf, M. Mashuri, and Wibawati, "Penerapan Diagram Bivariat Poisson pada Pengendalian Kualitas Ring Botol di PT. X.," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 1, pp. 314–317, 2012.
- [6] W. Daniel, *Statistika Nonparametrik Terapan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 1989.
- [7] S. Nugroho, S. Akbar, and R. Vusvitasari, "Kajian Hubungan Koefisien Korelasi Pearson, Spearman-rho, Kendall-Tau, Gamma, dan Somers," *Gradien*, vol. 4, no. 2, pp. 372–381, 2008.
- [8] M. Xie, T. Goh, and V. Kuralmani, *Statistical Models and Control Charts for High Quality Processes*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002.