

PENERAPAN PETA P MULTIVARIAT PADA PENGONTROLAN PROSES PEMOTONGAN KACA JENIS LNFL DI PT. ASAHIMAS FLAT GLASS, TBK.

Nama Mahasiswa : Fanny Ayu Octaviana
NRP : 1312 105 005
Jurusan : Statistika FMIPA-ITS
Dosen Pembimbing : Dra. Lucia Aridinanti, MT

Abstrak

Pengendalian kualitas proses produksi yang dilakukan oleh PT. Asahimas Flat Glass, Tbk. Sidoarjo hanya menyeleksi dan memisahkan antara produk yang cacat dan tidak cacat, belum dilakukan analisis sehingga tidak dapat mengetahui proses sudah terkendali atau tidak. Dalam penelitian ini akan dilakukan pendeteksian jenis cacat produksi kaca LNFL pada proses pemotongan dengan menggunakan peta p multivariat untuk mengevaluasi proses pemotongan kaca dan menentukan faktor penyebab cacat. Data yang digunakan adalah data sekunder tentang karakteristik kualitas atribut untuk periode Januari-Desember 2013. Dari hasil evaluasi proses, dapat disimpulkan bahwa produksi kaca jenis LNFL pada proses pemotongan bulan Januari sampai dengan Desember 2013 mengalami pergeseran proses karena proporsi cacat yang semakin meningkat. Sehingga, perlu adanya pembagian menjadi 2 tahap dan diperoleh hasil bahwa tahap 1 dan tahap 2 tidak berbeda, namun peningkatan tiap cacat tidak dapat diidentifikasi pada jenis cacat tertentu. Dari hasil diagram pareto, dapat diketahui bahwa jenis cacat yang paling mendominasi dalam produksi kaca pada saat proses pemotongan kaca bulan Januari sampai dengan Desember 2013 adalah scratch dengan rata-rata sebesar 47,05%, cullet dengan rata-rata sebesar 27,25%, pushmark dengan rata-rata sebesar 9,15% dan chipping dengan rata-rata sebesar 10,15%. Dari hasil diagram sebab akibat, dapat diketahui faktor-faktor penyebab cacat diantaranya yaitu kualitas bahan baku yang belum baik, operator kelelahan dan kurang teliti, cara pemotongan belum optimal, kurangnya maintenance, usia mesin yang sudah tua dan pengaturan mesin yang belum sesuai.

Kata Kunci : Karakteristik Kualitas Atribut, Faktor Penyebab Cacat, Peta p Multivariat, Proses Pemotongan Kaca

APPLICATION OF MULTIVARIATE P CONTROL CHART ON THE LNFL GLASS CUTTING PROCESS IN PT. ASAHIMAS FLAT GLASS, TBK.

Name : Fanny Ayu Octaviana
NRP : 1312 105 005
Departement : Statistics FMIPA-ITS
Supervisor : Dra. Lucia Aridinanti, MT

Abstract

Quality control of the production process who carried by PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo just select and separate the defective and not defective product, the company never doing a analysis so process is can not known under control or not. In this study will do detection defect types of glass LNFL in cutting process with using multivariate p control chart to evaluate the glass cutting process and determining the causes of disability. The data used is secondary data on the characteristics of quality attributes for period January to December 2013 From results of evaluation process, it can be concluded that the production of glass types LNFL on cutting process from January to December 2013 have shifted because proportion of defects is increasing. Thus, the analysis is separated into 2 phases and the results is no different between stage 1 and stage 2, but the increase of each defect can not be identified on a specific type of disability. From the results of Pareto diagram, it can be seen that the most dominating type of defects in the production of glass during the glass cutting process from January to December 2013 was a scratch with an average by 47.05%, cullet with an average by 27.25%, pushmark with an average by 9.15% and chipping in with an average by 10.15%. From the result of Ishikawa diagram, knowed factors causing disability such as the quality of raw materials have not been good, operator fatigue and less rigorous, way of cutting is not optimal, lack of maintenance, the age old machines and machine settings are not appropriate.

Keywords : *Quality Attribute Characteristics, Causes of Disability, Control Chart p Multivariate, Glass Cutting Process*

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A.	Data Jenis Cacat Kaca Periode 1 Januari 2013 – 31 Desember 2013.....	51
Lampiran A1.	Data Jenis Cacat Kaca Periode 1 Januari 2013 – 30 Juni 2013 (Tahap 1).....	53
Lampiran A2.	Data Jenis Cacat Kaca Periode 1 Juli 2013 – 31 Desember 2013 (Tahap 2)	54
Lampiran B.	Data Proporsi Jenis Cacat Kaca Periode 1 Januari 2013 – 31 Desember 2013.....	55
Lampiran B1.	Data Proporsi Jenis Cacat Kaca Periode 1 Januari 2013 – 30 Juni 2013 (Tahap 1).....	57
Lampiran B2.	Data Proporsi Jenis Cacat Kaca Periode 1 Juli 2013 – 31 Desember 2013 (Tahap 2).....	58
Lampiran C.	Data Perhitungan Proporsi Pada Masing-Masing Tahap.....	59
Lampiran D.	Hasil Perhitungan Identifikasi Variabel Tidak Terkendali.....	61
Lampiran E.	Nilai Korelasi Antar Jenis Cacat Kaca Periode 1 Januari 2013 – 31 Desember 2013.....	62
Lampiran F.	Distribusi Normal Multivariat Jenis Cacat Kaca Periode 1 Januari 2013 – 31 Desember 2013.....	63
Lampiran G.	Peta p Multivariat Jenis Cacat Kaca Periode 1 Januari 2013 – 31 Desember 2013.....	64
Lampiran G1.	Peta p Multivariat Jenis Cacat Kaca Periode 1 Januari 2013 – 30 Juni 2013 (Tahap 1)	64
Lampiran G2.	Peta p Multivariat Jenis Cacat Kaca Periode 1 Juli 2013 – 31 Desember 2013 (Tahap 2)	67
Lampiran H.	Diagram Pareto Jenis Cacat Kaca Periode 1 Januari 2013 – 31 Desember 2013.....	68
Lampiran I.	Diagram Sebab-Akibat Jenis Cacat Kaca Periode 1 Januari 2013 – 31 Desember 2013.....	69

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengendalian Kualitas Statistik

Pengendalian kualitas statistik merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan untuk memonitor, mengendalikan, menganalisis, mengelola dan memperbaiki produk dan proses menggunakan metode-metode statistik (Ariani, 2004). Tujuan utama pengendalian kualitas statistik adalah pengurangan variabilitas secara sistematis dalam karakteristik kualitas produk. Manfaat dari penerapan pengendalian statistik antara lain : kualitas produk yang lebih beragam, memberikan informasi kesalahan lebih awal, mengurangi besarnya bahan yang terbuang sehingga menghemat biaya bahan, meningkatkan kesadaran perlunya pengendalian kualitas dan menunjukkan tempat terjadinya permasalahan dan kesulitan.

Pengendalian kualitas statistik dapat dikelompokkan atas 2 bagian, yaitu : pengendalian proses (*process control*) dan pengendalian produk (*product control*). Tujuan utama pengendalian proses adalah menjaga setiap proses agar tetap terkendali dan untuk itu digunakan peta kendali, metode grafik yang menunjukkan urutan setiap sampel. Tujuan dari pengendalian produk adalah memutuskan suatu lot diterima atau ditolak yang didasarkan pada bukti yang ditemui dari satu atau banyak sampel yang diambil secara acak dari lot yang diteliti, untuk itu digunakan sampling penerimaan (*acceptance sampling*).

Pengendalian kualitas statistik digunakan untuk menyelidiki secara cepat terjadinya sebab-sebab terduga atau pergeseran proses sedemikian hingga penyelidikan terhadap proses itu dan tindakan pembetulan dapat dilakukan sebelum terlalu banyak unit yang tidak sesuai diproduksi. Peta kendali adalah teknik pengendalian proses yang digunakan untuk menangani kasus tersebut. Peta kendali merupakan suatu alat statistik yang digunakan untuk melihat variasi-variasi di dalam

kualitas output yang disebabkan karena kesempatan dan sebab-sebab yang dapat diberikan.

Cara pemeriksaan dengan menggunakan peta kendali dapat diklasifikasikan berdasarkan cara-cara pemeriksaan karakteristik, antara lain :

- a. Variabel
Pemeriksaan secara variabel berarti bahwa karakteristik diukur secara kuantitatif. Pemeriksaan terhadap produk-produk dengan pengukuran, misalnya tinggi, berat, temperatur dan sebagainya.
- b. Atribut
Pemeriksaan karakteristik kualitas suatu produk yang dapat diukur dengan skala kualitatif, tetapi dinilai masing-masing produk sebagai sesuai atau tidak sesuai berdasarkan produk memiliki atau tidak memiliki sifat tertentu seperti pengukuran cacat atau tidak cacat, contoh: buah-buahan, sayur-sayuran dan sebagainya.

Menurut Montgomery (2009), ada tujuh alat statistik yang sering digunakan dalam pengendalian kualitas secara statistik. Tujuh alat statistik atau yang lebih dikenal dengan *seven tools* tersebut antara lain :

- a. Lembar Pengamatan
- b. Diagram Pareto
- c. Diagram Sebab Akibat (Diagram *Ishikawa*)
- d. Diagram Konsentrasi Cacat (*defect concentration diagram*)
- e. Diagram Pencar (*Scatterplot*)
- f. Peta Kendali
- g. Histogram

2.2 Peta Atribut Multivariat

Menurut Montgomery (2009), banyak karakteristik kualitas yang tidak dapat dengan mudah dinyatakan secara numerik karena pada banyak kasus, kualitas dapat dilihat secara langsung tanpa melakukan pengukuran secara numerik. Dalam keadaan seperti ini, biasanya setiap obyek yang diperiksa akan

diklasifikasikan sebagai obyek yang sesuai dengan spesifikasi dan obyek yang tidak sesuai dengan spesifikasi. Batas spesifikasi yang digunakan merupakan batas yang digunakan perusahaan. Karakteristik kualitas seperti ini dinamakan dengan kualitas atribut. Jika variabel karakteristik kualitas yang diperiksa lebih dari satu dan antar variabel yang satu dengan yang lain ada hubungan maka disebut multivariat (Johnson & Winchurn, 1998). Peta kendali multivariat atribut adalah peta kendali yang digunakan ketika terdapat lebih dari satu karakteristik kualitas dalam suatu pemeriksaan (Mukhopadhyay, 2008).

2.3 Peta p Multivariat

Dalam peta p multivariat harus mempertimbangkan pembobot secara akurat guna mengontrol dan menaksir parameter tingkat kecacatan secara keseluruhan dalam proses. Secara umum, setiap item dapat diklasifikasikan dalam $(k+1)$ diurutkan dan kategori kualitas saling bebas tergantung pada tingkat kecacatan. Misalkan : kategori pertama dapat digunakan untuk mengklasifikasikan item tidak cacat, sedangkan sisanya k kategori dapat digunakan untuk mengklasifikasikan item cacat di k yang berbeda nilai cacatnya, dengan bertambahnya tingkat kecacatan. Dalam hal ini, asumsi kualitas bergantung pada karakteristik kualitas yang berhubungan dan memiliki distribusi multinomial.

Dalam mengevaluasi tingkat cacat keseluruhan, dapat digambarkan proses satu sampel dari n item. Misalkan $\mathbf{D} = (D_0, D_1, \dots, D_i, \dots, D_k)$ menjadi vektor dari $(k+1)$ kategori cacat, D_i menunjukkan kategori tingkat cacat; D_0 adalah kategori bebas cacat dan D_k adalah kategori tingkat cacat yang paling serius. Dikarenakan cacat yang berbeda membawa kerugian yang berbeda pada proses kualitas, maka dengan vektor $\mathbf{D}$, dapat didefinisikan vektor pembobot dari tingkat cacat yang ditemukan dalam produk, bobot dapat dipilih berdasarkan kegunaan, ketidakpuasan, kerugian ekonomi, meningkatnya biaya, atau kekurangan yang disebabkan oleh cacat. Misalnya, jika vektor $\mathbf{D}$

hanya memiliki lima kategori, seperti absen, minor, medium, mayor dan cacat yang serius, maka dapat dihubungkan bahwa bobot nol dengan kategori pertama, bobot satu dengan kategori terakhir, serta antara nol dan satu, untuk kategori lainnya.

Menurut Cozzucoli (2009), produk yang diklasifikasikan dalam masing-masing $(k + 1)$ kategori kualitas cacat. Dalam hal ini variabel acak multivariat $X = (X_0, X_1, \dots, X_i, \dots, X_k)$ memiliki distribusi multinomial dengan parameter n dan vektor probabilitas

$$p = (p_0, p_1, \dots, p_i, \dots, p_k), \text{ sehingga } 0 \leq p_i \leq 1 \text{ dan } \sum_{i=0}^k p_i = 1.$$

Secara khusus, X_i adalah jumlah item dalam sampel yang diklasifikasikan dalam kategori cacat D_i dan p_i adalah probabilitas item yang diklasifikasikan dalam kategori cacat D_i . Dalam prosedur kontrol kualitas, p_i adalah proporsi ketidaksesuaian item yang diklasifikasikan sebagai cacat di kelas i . Akibatnya, variabel acak multivariat X memiliki distribusi multinomial acak dengan parameter $(n, \mathbf{p})$, dimana n adalah ukuran sampel dan $\mathbf{p}$ adalah vektor probabilitas.

Misalkan $\mathbf{d} = (d_0, d_1, \dots, d_i, \dots, d_k)$ menjadi vektor pembobot berhubungan dengan vektor D kategori kualitas cacat, di mana $0 \leq d_i \leq 1$, $d_i < d_{i+1}$, $d_0 = 0$ dan $d_1 = 1$. Jadi, untuk menentukan vektor $\mathbf{d}$ dan vektor $\mathbf{p}$, indeks normalisasi dari tingkat cacat keseluruhan sebagai berikut.

$$\delta = \sum_{i=0}^k d_i p_i \quad (2.1)$$

dimana d_i = vektor pembobot ($0 \leq d_i \leq 1$)

p_i = proporsi dari ketidaksesuaian item kelas cacat ke- i ($0 \leq p_i \leq 1$)

δ = tingkat cacat keseluruhan ($0 < \delta < 1$)

Untuk memperjelas, karena $0 \leq p_i \leq 1$ dan $0 \leq d_i \leq 1$, indeks hanya dapat diambil antara nilai nol dan satu, yaitu $0 \leq \delta \leq 1$. Ini dilakukan untuk mengukur bobot tingkat cacat keseluruhan. Dalam kasus-kasus ekstrim, indeks diambil minimum ketika semua item yang diproduksi bebas dari cacat; yaitu $\delta = 0$, jika dan

hanya jika $p_i = 0$, $i = 1, \dots, k$; atau diambil maksimal ketika item yang diproduksi semua diklasifikasikan dalam kelas cacat maksimum; yaitu $\delta = 1$ jika dan hanya jika $p_k = 1$. Misalkan $\mathbf{X} = (X_0, X_1, \dots, X_i, \dots, X_k)$, diketahui bahwa estimator maximum likelihood dari parameter $\mathbf{p} = (p_0, p_1, \dots, p_i, \dots, p_k)$ adalah $\hat{p}_i = \frac{X_i}{n}$, dimana $\hat{p}_i$ adalah proporsi jenis cacat ke- i yang dapat

diperoleh dari X_i yaitu jumlah cacat ke- i dibagi dengan n yang merupakan ukuran sampel. Oleh karena itu, untuk mengendalikan cacat keseluruhan dari parameter δ , dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\hat{\delta} = \sum_{i=0}^k d_i \hat{p}_i \quad (2.2)$$

Nilai ekspektasi dari $\hat{\delta}$ adalah

$$E(\hat{\delta}) = E\left(\sum_{i=0}^k d_i \hat{p}_i\right) = \sum_{i=0}^k E(d_i \hat{p}_i) = \sum_{i=0}^k E(d_i)E(\hat{p}_i) = \sum_{i=0}^k d_i p_i \quad (2.3)$$

yaitu, penaksir tak bias dari indeks δ . Varians dari δ adalah

$$\begin{aligned} \sigma^2(\hat{\delta}) &= \text{var}\left(\sum_{i=0}^k d_i \hat{p}_i\right) = \sum_{i=0}^k \text{var}(d_i \hat{p}_i) = \sum_{i=0}^k \text{var}(d_i) \text{var}\left(\frac{X_i}{n}\right) \\ &= \sum_{i=0}^k \left[d_i^2 \frac{1}{n^2} n p_i (1 - p_i) \right] = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^k d_i^2 p_i (1 - p_i) \\ &= \frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^k d_i^2 p_i \right) - \left(\sum_{i=0}^k d_i p_i \right)^2 \right] \end{aligned} \quad (2.4)$$

dan penaksir konsisten dari varians $\sigma^2(\hat{\delta})$ adalah

$$S^2(\hat{\delta}) = \frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^k d_i^2 \hat{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^k d_i \hat{p}_i \right)^2 \right] \quad (2.5)$$

Berdasarkan Theorema Limit Pusat multivariat, vektor $\hat{\mathbf{p}}$ mempunyai $(k+1)$ distribusi normal multivariat dan penaksir $\hat{\delta}$

mempunyai distribusi normal. Oleh karena itu, dapat diperoleh selang kepercayaan $(1-\alpha)$ untuk statistik sampel cacat keseluruhan sebagai berikut (Gold, 1963).

$$\delta = \sum_{i=0}^k d_i p_i \in \left\{ \sum_{i=0}^k d_i \hat{p}_i \pm \sqrt{\chi_{k,\alpha}^2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^k d_i^2 \hat{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^k d_i \hat{p}_i \right)^2 \right]} \right\} \quad (2.6)$$

dimana $\chi_{k,\alpha}^2$ adalah kuantil atas $(1-\alpha)$ dari distribusi χ^2 dengan derajat bebas (k) (Cozzucoli, 2009).

Umumnya, $\mathbf{p}_0 = (p_{00}, p_{10}, \dots, p_{i0}, \dots, p_{k0})$ tidak diketahui dan perlu diestimasi menggunakan m sampel awal dari ukuran n berdasarkan proses terkendali. Misalkan $\mathbf{X}_t = (X_{0t}, X_{1t}, \dots, X_{it}, \dots, X_{kt})$, $t = 1, 2, \dots, m$, menjadi satu m sampel awal dari ukuran n yang diambil dari proses multinomial X dengan parameter $(n, \mathbf{p})$. Secara khusus, X_{it} adalah jumlah item dalam sampel ke-t yang diklasifikasikan dalam kategori cacat Di. Oleh karena itu, penaksir tak bias dari parameter p_i sebagai berikut.

$$\bar{\hat{p}}_i = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m \hat{p}_{it}, i = 0, 1, 2, \dots, k \quad (2.7)$$

dimana $\hat{p}_{it} = \frac{X_{it}}{n}$ dengan $i = 0, 1, \dots, k$ dan $t = 1, 2, \dots, m$.

Struktur data untuk peta p multivariat dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Struktur Data Peta p Multivariat

Pengamatan (t)	Sampel (n)	Jenis Cacat (i)						Jumlah Cacat (X_{it})
		0	1	...	i	...	k	
1	n_1	X_{01}	X_{11}	...	X_{i1}	...	X_{k1}	X_{i1}
2	n_2	X_{02}	X_{12}	...	X_{i2}	...	X_{k2}	X_{i2}
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮	⋮
t		X_{0t}	X_{1t}	...	X_{it}	...	X_{kt}	X_{it}
⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮	⋮
m	n_m	X_{0m}	X_{1m}	...	X_{im}	...	X_{km}	X_{im}

Berdasarkan jumlah cacat, dapat diperoleh proporsi cacat sebagai berikut.

Tabel 2.2 Stuktur Data Proporsi Cacat

Pengamatan (t)	Kelas Cacat (i)			
	Tidak Cacat	Cacat Kritis	Cacat Mayor	Cacat Minor
	0	1	2	3
1	$\hat{p}_{01}$	$\hat{p}_{11}$	$\hat{p}_{21}$	$\hat{p}_{31}$
2	$\hat{p}_{02}$	$\hat{p}_{12}$	$\hat{p}_{22}$	$\hat{p}_{32}$
3	$\hat{p}_{03}$	$\hat{p}_{13}$	$\hat{p}_{23}$	$\hat{p}_{33}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
i	$\hat{p}_{0i}$	$\hat{p}_{1i}$	$\hat{p}_{2i}$	$\hat{p}_{3i}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
m	$\hat{p}_{0m}$	$\hat{p}_{1m}$	$\hat{p}_{2m}$	$\hat{p}_{3m}$
$\bar{\hat{p}}_i$	$\bar{\hat{p}}_0$	$\bar{\hat{p}}_1$	$\bar{\hat{p}}_2$	$\bar{\hat{p}}_3$

Sehingga diperoleh nilai batas kendali peta p multivariat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 BKA &= \sum_{i=0}^k d_i \bar{\hat{p}}_i + \sqrt{\chi_{k, \alpha}^2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^k d_i^2 \bar{\hat{p}}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^k d_i \bar{\hat{p}}_i \right)^2 \right]} \\
 \text{Garis Tengah} &= \sum_{i=1}^k d_i \bar{\hat{p}}_i \\
 BKB &= \sum_{i=0}^k d_i \bar{\hat{p}}_i - \sqrt{\chi_{k, \alpha}^2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^k d_i^2 \bar{\hat{p}}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^k d_i \bar{\hat{p}}_i \right)^2 \right]}
 \end{aligned} \tag{2.8}$$

2.3.1 Identifikasi Variabel Penyebab Terjadinya Tidak Terkendali

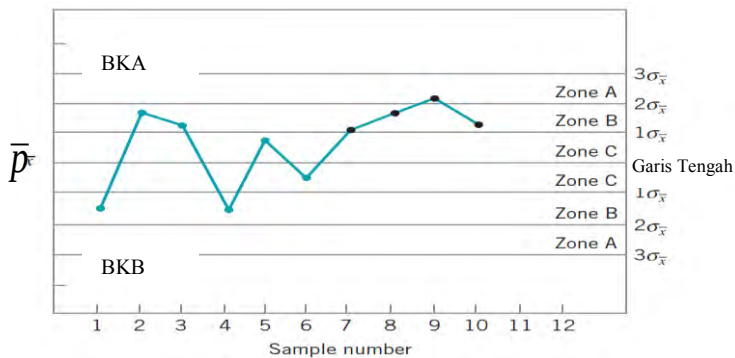
Jika nilai statistik sampling (δ) berada batas kendali atas atau batas kendali bawah, maka proses akan dikatakan diluar dan operator harus menyelidiki penyebabnya. Namun demikian, dalam situasi praktis, p_{i0} , $i = 0, 1, \dots, k$ biasanya diestimasi dengan menggunakan sampel awal yang diambil dalam periode dasar kontrol. Dalam hal ini, prosedur statistik yang benar berdasarkan statistik sampel sebagai berikut.

$$Z_t = n_0 n_t \sum_{i=0}^k \frac{(\hat{p}_{it} - \hat{p}_{i0})^2}{X_{it} + X_{i0}} \quad (2.9)$$

Z_t merupakan indikator kontribusi relatif dari variabel ke- t untuk keseluruhan statistik, n_0 dan n_t merupakan ukuran sampel periode ke-0 dan ke- t , $\hat{p}_{it}$ dan $\hat{p}_{i0}$ adalah proporsi variabel ke- i periode ke- t dan ke-0, X_{it} dan X_{i0} adalah jumlah cacat ke- i periode ke- t dan ke-0. Perbaikan proses diutamakan pada variabel yang memiliki nilai Z_t lebih besar dari $\chi^2_{(k-1),\alpha}$ (Taleb, 2009).

2.3.2 Kondisi Tidak Terkendali

Menurut Montgomery (2009) ada beberapa kondisi untuk mengatakan proses tidak terkendali dengan ciri-ciri sebagai berikut.



Gambar 2.1 Peta kendali dengan batas sigma

1. Satu atau lebih titik berada di luar batas kendali.
2. Dua dari tiga titik yang berurutan berada di luar batas dua-sigma tetapi masih berada di dalam batas kendali.
3. Empat dari lima titik yang berurutan melebihi batas satu-sigma.
4. Lebih dari delapan titik yang berurutan berada di satu sisi garis tengah.
5. Enam titik berjajar secara konstan membentuk pola cenderung naik atau cenderung turun.
6. Lima belas titik yang berada di zona satu-sigma.
7. Empat belas titik berjajar secara bergantian naik dan turun.
8. Delapan titik berjajar di kedua sisi garis tengah namun tidak ada yang berada di zona satu-sigma.
9. Ada pola yang tidak random pada data.
10. Satu atau lebih titik berada di dekat batas kendali.

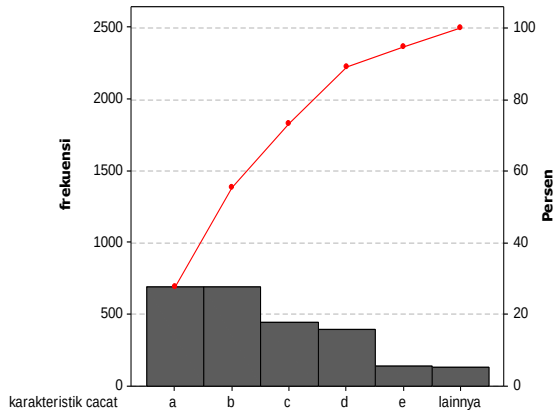
2.4 Diagram Pareto

Diagram pareto merupakan suatu gambar yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan skor tertinggi hingga terendah. Hal ini dimaksudkan agar dapat membantu menemukan permasalahan yang paling penting untuk segera diperbaiki (skor tertinggi) sampai dengan masalah yang tidak harus segera diselesaikan (skor terendah) (Ariani, 2004). Diagram pareto terdiri dari dua sumbu yaitu sumbu vertikal dan sumbu horizontal. Sumbu vertikal menunjukkan luasnya ketidaksesuaian, sedangkan sumbu horizontal mencatat unsur-unsur ketidaksesuaian yang dimulai dari unsur cacat/rusak yang paling besar disebelah kiri sampai unsur cacat/rusak yang paling kecil disebelah kanan.

Langkah-langkah dalam pembuatan diagram pareto sebagai berikut.

1. Menentukan kategori cacat dan mengumpulkan data berdasarkan jenis cacat.
2. Urutkan katagori cacat berdasarkan frekuensi tertinggi.

3. Tentukan frekuensi kumulatif untuk setiap kategori cacat.
4. Buatlah grafik pareto, dimana sumbu horizontal menunjukkan katagori cacat sedangkan sumbu vertikal kiri menunjukkan frekuensi setiap katagori sedangkan sumbu vertikal kanan menunjukkan frekuensi kumulatif.



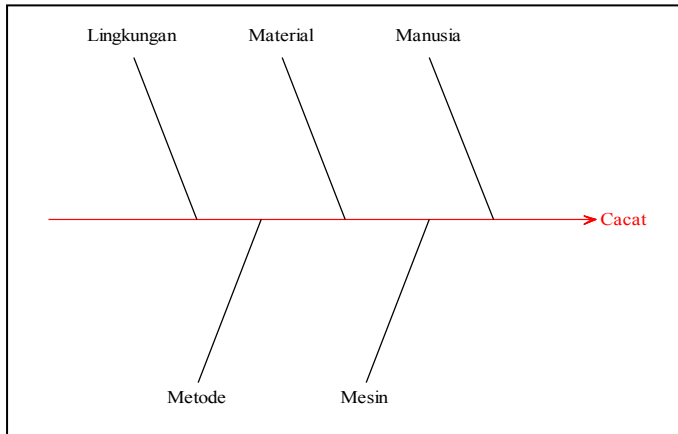
Gambar 2.2 Diagram pareto

Secara visual diagram pareto seperti yang terlihat pada Gambar 2.2. Variabel yang diutamakan dalam perbaikan proses adalah variabel yang paling banyak menyebabkan proses tidak terkendali. Prinsip dalam diagram pareto adalah 80/20, yang artinya bahwa sekitar 80% terjadinya suatu masalah disebabkan oleh 20% penyebab.

2.5 Diagram Sebab-Akibat

Diagram sebab-akibat sering dikenal dengan diagram tulang ikan (*fishbone*). Diagram sebab-akibat adalah suatu diagram yang menunjukkan hubungan antara sebab-akibat. Selain itu, diagram sebab-akibat dapat digunakan untuk membantu dalam menganalisa mutu dengan tujuan mengetahui secara menyeluruh hubungan antara kecacatan dengan penyebabnya, dimana kepala ikan sebagai akibat (efek) dan satu panah tebal

diagram menuju efek. Pada diagram sebab-akibat, masalah (efek) ditunjukkan disebelah kanan, sedangkan penyebab dari permasalahan ditunjukkan di sebelah kiri dalam struktur seperti pohon. Oleh sebab itu, diagram sebab-akibat dapat dengan mudah dipahami oleh siapapun (Ishikawa, 1989). Contoh gambar diagram sebab-akibat seperti gambar berikut ini.



Gambar 2.3 Diagram sebab-akibat

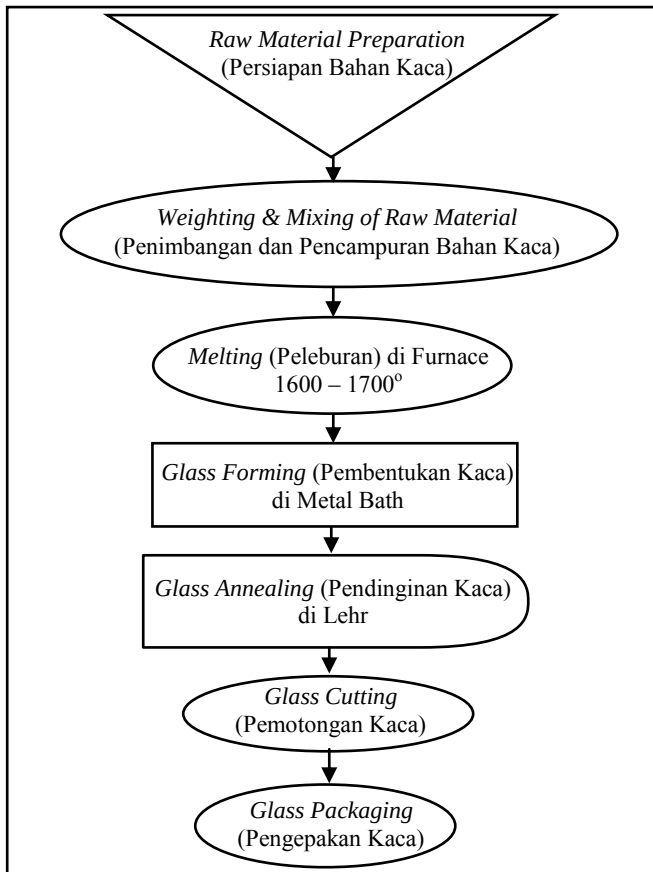
Cabang utama dari pohon dikaitkan dengan penyebab utama. Pada dasarnya, diagram ini dapat digunakan untuk kebutuhan-kebutuhan sebagai berikut.

- Membantu mengidentifikasi penyebab dari suatu masalah.
- Mencari penyebab-penyebabnya dan mengambil tindakan korektif.
- Membantu dalam penyelidikan atau pencarian faktor lebih lanjut.
- Menyeleksi metode analisis untuk penyelesaian masalah.

2.6 Proses Pembuatan Kaca

Proses produksi kaca pada PT. Asahimas Flat Glass, Tbk. menggunakan metode float. Dasar pertimbangannya adalah untuk menghasilkan produk kaca yang lebih berkualitas berstandar

internasional. Adapun langkah-langkah proses yang digunakan untuk pembuatan kaca pada PT. Asahimas Flat Glass, Tbk. sebagai berikut.



Sumber : Suyanto (2009)

Gambar 2.4 Alur proses pembuatan kaca

2.7 Tinjauan Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian yang menjadi acuan dalam penelitian ini sebagai berikut.

Tabel 2.3 Tinjauan Penelitian

No.	Nama Peneliti	Tahun	Judul
1.	Karina Mayananda	2012	Pengontrolan kualitas produk PT. IGLAS (Persero) Gresik menggunakan peta p multivariat memperoleh kesimpulan bahwa proses produksi botol IBTC 175ml tahap sortir menunjukkan hasil yang belum stabil dan belum terkendali. Hal ini dikarenakan terdapat 14 subgrup dari 48 subgrup atau sebanyak 29,17% pengamatan yang terdeteksi tidak terkendali atau berada diluar batas kendali.
2.	Imam Rido Riarso	2012	Pengendalian kualitas proses produksi tube plastik di PT. Multiplast Jaya Tatamandiri Sidoarjo menggunakan peta p multivariat memperoleh kesimpulan bahwa proses produksi tube plastik pada fase I, yaitu proses pada bulan Desember 2010 berdasarkan peta p multivariat sudah terkendali, namun tidak cocok digunakan untuk bulan Januari 2011 karena telah terjadi pergeseran proses.
3.	I Made Parsawan	2012	Perbandingan peta D^2 dan peta p multivariat (studi kasus) pengontrolan kualitas produksi PT. IGLAS (Persero) Gresik memperoleh kesimpulan bahwa pengontrolan kualitas proses produksi botol IBTC 175ml tahap sortir di PT. IGLAS (Persero) Gresik, menunjukkan hasil yang belum terkendali secara statistik. Peta D^2 menghasilkan batas kendali yang lebih sensitif dibandingkan dengan peta p multivariat, sehingga lebih baik untuk menggunakan peta D^2 untuk pengontrolan kualitas proses produksi botol IBTC 175ml.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data sekunder tentang karakteristik kualitas atribut yang diperoleh dari Departemen *Quality Control* di PT. Asahimas Flat Glass, Tbk. Sidoarjo yaitu jenis kecacatan dalam proses produksi kaca pada saat proses pemotongan. Penelitian ini menggunakan data pada saat proses pemotongan yang memiliki 6 kualitas cacat berupa atribut pada kaca. Klasifikasi karakteristik jenis cacat pada kaca dikelompokkan menjadi tiga kelas antara lain sebagai berikut.

1. Cacat Kritis / *Critical Defect*

Suatu cacat kaca yang dapat membahayakan orang lain atau pengguna serta dapat mengakibatkan kegagalan dalam fungsional. Jenis cacat yang termasuk dalam kelas ini diantaranya adalah :

a. *Cullet* (pcs)

Cacat yang berada diantara kaca berupa percikan hasil pemotongan kaca. Jenis cacat ini dapat mempengaruhi adanya cacat yang lain, seperti pushmark dan chipping. Berikut adalah batas spesifikasi dari jenis cacat *cullet* :

Tabel 3.1 Batas Spesifikasi Kaca *Laminated* Untuk Cacat *Cullet*

Panjang (mm)	Area < 2,0 m ²		Area ≥ 2,0 m ²
	<i>Centre</i>	<i>Side</i>	<i>Centre</i>
$x < 0,3$	OK		OK
$0,3 \leq x < 0,4$	3 pcs/sheet	OK	1,5 pcs/m ²
$0,4 \leq x < 0,5$	1 pcs/sheet	3 pcs/sheet	0,5 pcs/m ²
$0,5 \leq x < 1,0$	none		0,1 pcs/m ²

Tabel 3.2 Batas Spesifikasi Kaca *Tempered* Untuk Cacat *Cullet*

Panjang (mm)	Area < 2,0 m ²		Area ≥ 2,0 m ²
	Centre	Side	Centre
$x < 0,3$	OK		OK
$0,3 \leq x < 0,4$	3 pcs/sheet*	OK	2 pcs/m ²
$0,4 \leq x < 0,6$	1 pcs/sheet	4 pcs/sheet	0,5 pcs/m ²
$0,6 < x \leq 1,0$	none*		0,1 pcs/m ²

Keterangan :

*3 pcs/sheet : Berarti bahwa hanya 3 buah jenis cacat *cullet* yang diperbolehkan dalam 1 lembar kaca pada area < 2,0 m² dari pusat untuk panjang ≥ 0,3 mm sampai dengan < 0,4 mm.

*None : Berarti bahwa tidak ada 1 buah pun jenis cacat *cullet* yang dibolehkan dalam 1 lembar kaca pada area < 2,0 m² dari pusat atau sisi untuk panjang > 0,5 mm sampai dengan ≤ 1,0 mm.

b. *Scratch* (pcs)

Goresan pada permukaan kaca yang diakibatkan oleh gesekan benda keras atau tajam. Berikut adalah batas spesifikasi dari jenis cacat *scratch* :

Tabel 3.3 Batas Spesifikasi Kaca *Laminated* Untuk Cacat *Scratch*

	Panjang (mm)	Area < 2,0 m ²		Area ≥ 2,0 m ²
		Centre	Side	Centre
Heavy	$x \leq 3,0$	1 pcs/sheet	4 pcs/sheet	0,5 pcs/m ²
	$3,0 < x \leq 5,0$	none		0,1 pcs/m ²
Middle	$x \leq 10,0$	2 pcs/sheet	4 pcs/sheet	1,0 pcs/m ²
	$10,0 < x \leq 15,0$	none	2 pcs/sheet	0,1 pcs/m ²
Light	$x \leq 20,0$	3 pcs/sheet	4 pcs/sheet	1,5 pcs/m ²
	$20,0 < x \leq 25,0$	1 pcs/sheet	4 pcs/sheet	0,1 pcs/m ²

Tabel 3.4 Batas Spesifikasi Kaca *Tempered* Untuk Cacat *Scratch*

	Panjang (mm)	Area < 2,0 m ²		Area ≥ 2,0 m ²
		Centre	Side	Centre
Heavy	$x \leq 3,0$	1 pcs/sheet*	4 pcs/sheet	1,0 pcs/m ²
	$3,0 < x \leq 5,0$	none*		0,1 pcs/m ²
Middle	$x \leq 10,0$	2 pcs/sheet	4 pcs/sheet	1,0 pcs/m ²
	$10,0 < x \leq 15,0$	none	4 pcs/sheet	0,1 pcs/m ²
Light	$x \leq 20,0$	3 pcs/sheet	4 pcs/sheet	1,5 pcs/m ²
	$20,0 < x \leq 25,0$	1 pcs/sheet	4 pcs/sheet	0,1 pcs/m ²

Keterangan :

*1 pcs/sheet : Berarti bahwa hanya 1 buah jenis cacat *scratch* yang diperbolehkan dalam 1 lembar kaca pada area < 2,0 m² dari pusat untuk panjang berdasarkan berat ≤ 3,0 mm.

*None : Berarti bahwa tidak ada 1 buah pun jenis cacat *scratch* yang dibolehkan dalam 1 lembar kaca pada area < 2,0 m² dari pusat atau sisi untuk panjang berdasarkan berat > 3,0 mm sampai dengan ≤ 5,0 mm.

2. Cacat Major (Fungsional) / *Major Defect*

Suatu cacat kaca yang dapat mengakibatkan kegagalan dalam proses ke pelanggan. Jenis cacat yang termasuk dalam kelas ini diantaranya adalah :

a. *Pushmark* (pcs)

Cacat yang disebabkan oleh kaca yang terjepit pada saat pemotongan kaca. Jenis cacat yang timbul akibat adanya cacat *cullet*. Berikut adalah batas spesifikasi dari jenis cacat *pushmark* :

Tabel 3.5 Batas Spesifikasi Kaca *Laminated* Untuk Cacat *Pushmark*

Panjang (mm)	Area < 2,0 m ²	
	Centre	Side
$0,4 \leq x \leq 0,5$	2 pcs/sheet	Allowable
$x > 0,5$	none	

Tabel 3.6 Batas Spesifikasi Kaca *Tempered* Untuk Cacat *Pushmark*

Panjang (mm)	Area < 2,0 m ²	
	Centre	Side
$0,4 \leq x \leq 0,5$	2 pcs/sheet*	Allowable
$x > 0,5$	none*	

Keterangan :

*2 pcs/sheet : Berarti bahwa hanya 2 buah jenis cacat *pushmark* yang diperbolehkan dalam 1 lembar kaca pada area < 2,0 m² dari pusat untuk panjang $\geq 0,4$ mm sampai dengan $\leq 0,5$ mm.

*None : Berarti bahwa tidak ada 1 buah pun jenis cacat *pushmark* yang dibolehkan dalam 1 lembar kaca pada area < 2,0 m² dari pusat untuk panjang > 0,5 mm.

b. *Chipping* (pcs)

Cacat gumpil pada sudut pemotongan kaca. Jenis cacat yang timbul akibat adanya cacat *cullet*.

3. Cacat Minor (Rupa) / *Minor Defect*

Suatu cacat kaca yang secara nampak atau rupa kurang baik sehingga dapat mempengaruhi penampilan menjadi kurang baik. Jenis cacat yang termasuk dalam kelas ini diantaranya adalah :

a. *Water Stain* (pcs)

Suatu cacat yang ditimbulkan akibat sisa air pencucian *washing machine* yang mengering secara tidak merata pada

permukaan kaca atau suatu percikan/tetes cairan yang menempel.

b. *Others Secondary* (pcs)

Cacat *others* diantaranya adalah *flare*, *crack*, *insert mark*, *cutter down*.

Dikarenakan setiap kelas cacat memiliki efek yang berbeda maka perlu dilakukan pembobotan. Pembobotan dilakukan dengan cara memberi skor bobot yaitu nilai 1 hingga 10 pada masing-masing jenis cacat dan bobot tersebut sudah sesuai dengan kebijakan perusahaan, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 3.7 Skor Bobot Masing-Masing Kelas Cacat

Kelas Cacat	Jenis Cacat	Skor Bobot (1-10)	Jumlah skor bobot tiap kelas cacat	Bobot (%)
Cacat Kritis	<i>Cullet</i>	10	19	63
	<i>Scratch</i>	9		
Cacat Mayor	<i>Pushmark</i>	4	8	27
	<i>Chipping</i>	4		
Cacat Minor	<i>Water Stain</i>	1	3	10
	<i>Other Second</i>	2		
Total			30	100

1. Cacat Kritis / *Critical Defect* sebesar 63%
2. Cacat Major (Fungsional) / *Major Defect* sebesar 27%
3. Cacat Minor (Rupa) / *Minor Defect* sebesar 10%

3.2 Teknik Pengukuran

Pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan pada saat proses pemotongan kaca. Data produksi yang diambil adalah data jenis kecacatan pada bulan Januari sampai Desember 2013 hanya pada produk LNFL. Jumlah sampel yang diambil berbeda-beda sesuai dengan yang sudah ditentukan oleh pihak perusahaan.

Dalam penelitian ini, peta kendali akan dibagi menjadi 2 tahap, yaitu bulan Januari-Juni 2013 untuk tahap 1 dan bulan Juli-Desember 2013 untuk tahap 2. Dalam masing-masing tahap terdapat 21 dan 26 minggu sehingga diperoleh 21 hingga 26 subgrup karena produk kaca jenis LNFL selalu diproduksi setiap minggu, dimana masing-masing subgrup terdiri dari 3 shift, yaitu : shift A (07.00 – 15.00 WIB), shift B (15.00 – 23.00 WIB) dan shift C (23.00 – 07.00 WIB).

Struktur data dari penelitian tentang jenis kecacatan yang terdapat pada produksi kaca dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 3.8 Struktur Data Pada Proses Pemotongan Kaca Jenis LNFL

Pengamatan (t)	Sampel	Shift	Jenis Cacat (i)			Jumlah Cacat (X_{it})	Proporsi Jumlah Cacat (P_{it})
			1	...	6		
1	n_1	Pagi	x_{11}	...	x_{16}	X_{i1}	P_{i1}
		Siang					
		Malam					
2	n_2	Pagi	x_{21}	...	x_{26}	X_{i2}	P_{i2}
		Siang					
		Malam					
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
47	n_{47}	Pagi	$x_{47,1}$	...	$x_{47,6}$	X_{i47}	P_{i47}
		Siang					
		Malam					

Keterangan :

x_{it} : Jenis cacat ke-i pada pengamatan ke-t

X_{it} : Jumlah cacat ke-i pengamatan ke-t , dimana $X_{it} = \sum_{i=1}^6 x_{it}$

n_t : Jumlah sampel pengamatan ke-t

P_{it} : Proporsi jumlah cacat ke- i pengamatan ke- t , dimana

$$P_{it} = \frac{X_{it}}{n_t}, t = 1, 2, \dots, 47$$

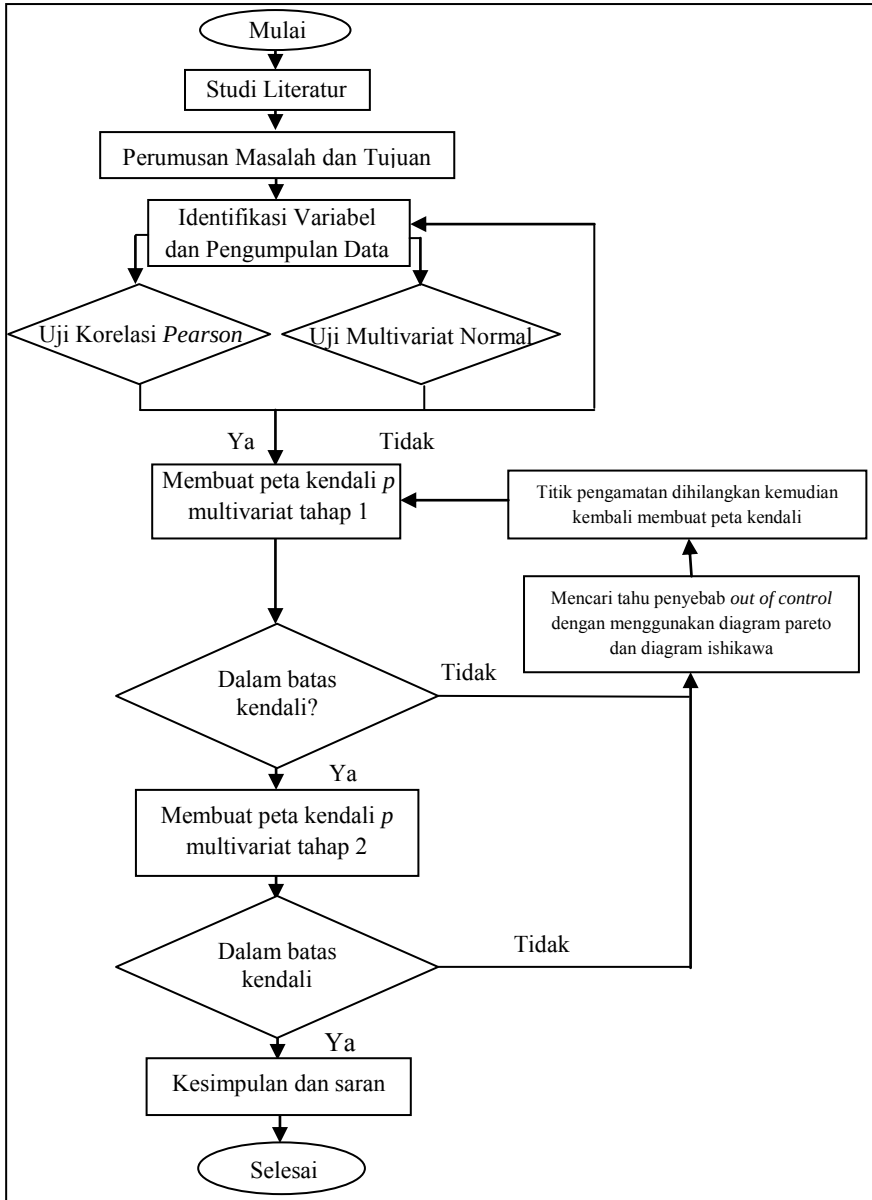
3.3 Langkah Analisis

Langkah analisis yang digunakan dalam penelitian ini melalui tahap-tahap sebagai berikut :

1. Melakukan uji asumsi yang harus terpenuhi yaitu adanya hubungan atau korelasi antar variabel dan data yang berdistribusi multivariat normal.
2. Membuat deskripsi data secara umum yaitu jumlah cacat dari data jenis kecacatan produksi kaca jenis LNFL saat proses pemotongan.
3. Melakukan pengujian peta p multivariat secara keseluruhan selama 1 tahun.
4. Melakukan uji proporsi pada setiap tahap untuk mengetahui ada atau tidaknya pergeseran proses.
5. Melakukan pengujian peta p multivariat pada tahap 1 dan tahap 2 untuk mengetahui proses pemotongan kaca sudah terkendali secara statistik atau belum.
6. Melakukan perhitungan identifikasi variabel penyebab terjadinya tidak terkendali.
7. Membuat diagram pareto dari data jenis cacat untuk mengetahui jenis cacat yang paling banyak terjadi dalam proses pemotongan kaca.
8. Menggambarkan diagram sebab-akibat dengan menggunakan *software* untuk mengetahui faktor-faktor adanya jenis cacat yang paling banyak terjadi saat proses pemotongan kaca.
9. Membuat kesimpulan serta saran dari hasil analisis dan pembahasan.

3.4 Flow Chart Langkah Analisis

Langkah-langkah analisis dalam penelitian ini dapat digambarkan dengan diagram alir (*flow chart*) sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram alir langkah analisis

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dalam permasalahan dan tujuan yang telah diperoleh, analisis dan pembahasan yang dibahas adalah pengujian asumsi korelasi dan normal multivariat, menganalisis statistika deskriptif, peta p multivariat, diagram pareto serta diagram sebab-akibat dari data jenis cacat pada proses pemotongan kaca di PT. Asahimas Flat Glass, Tbk. Hasil analisis dan pembahasan dapat dilihat sebagai berikut.

4.1 Pengujian Asumsi

Dalam peta p multivariat, ada asumsi yang harus dipenuhi yaitu adanya korelasi antar variabel dan berdistribusi normal multivariat. Data jenis cacat dalam proses produksi kaca LNFL pada saat proses pemotongan telah memenuhi asumsi adanya korelasi antar variabel (Lampiran E) dan berdistribusi normal multivariat (Lampiran F).

4.2 Karakteristik Jenis Cacat

Untuk melihat karakteristik jenis cacat dapat dilakukan dengan menggunakan statistika deskriptif. Analisis statistika deskripsi hasil pengamatan data jenis cacat yang terjadi pada saat proses pemotongan kaca. Hasil analisis deskripsi dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4.1 Statistika Deskriptif Pada Proses Pemotongan Kaca Tahun 2013

No.	Kelas Cacat	Jenis Cacat	n	Jumlah cacat
1.	Kritis	<i>Cullet</i>	187121	221
		<i>Scratch</i>	187121	383
2.	Major	<i>Pushmark</i>	187121	74
		<i>Chipping</i>	187121	83
3.	Minor	<i>Water Stain</i>	187121	0
		<i>Other Second</i>	187121	52

Berdasarkan Tabel 4.1, dapat diketahui bahwa jumlah cacat yang paling banyak berasal dari kelas cacat kritis yaitu cacat *scratch* sebanyak 383 pcs dari 187121 sampel dan cacat *cullet* yaitu sebanyak 221 pcs dari 187121 sampel, ini berarti bahwa sering terdapat cacat *scratch* dan cacat *cullet* dalam produksi kaca pada saat proses pemotongan. Sedangkan, jumlah cacat yang paling sedikit atau jarang terjadi berasal dari kelas cacat minor yaitu cacat *Water Stain* sebanyak 0 pcs dari 187121 sampel, ini berarti bahwa tidak terdapat cacat *Water Stain* dalam produksi kaca pada saat proses pemotongan bulan Januari sampai dengan Desember 2013.

Tabel 4.2 Statistika Deskriptif Pada Proses Pemotongan Kaca Tahap 1

No.	Kelas Cacat	Jenis Cacat	n	Jumlah cacat
1.	Kritis	<i>Cullet</i>	87236	120
		<i>Scratch</i>	87236	176
2.	Major	<i>Pushmark</i>	87236	42
		<i>Chipping</i>	87236	30
3.	Minor	<i>Water Stain</i>	87236	0
		<i>Other Second</i>	87236	30

Berdasarkan Tabel 4.2, dapat diketahui bahwa pada tahap 1 jumlah cacat yang paling banyak berasal dari kelas cacat kritis yaitu cacat *scratch* sebanyak 176 pcs dari 87236 sampel dan cacat *cullet* yaitu sebanyak 120 pcs dari 87236 sampel, ini berarti bahwa sering terdapat cacat *scratch* dan cacat *cullet* dalam produksi kaca pada saat proses pemotongan. Sedangkan, jumlah cacat yang paling sedikit atau jarang terjadi berasal dari kelas cacat minor yaitu cacat *Water Stain* sebanyak 0 pcs dari 87236 sampel, ini berarti bahwa tidak terdapat cacat *Water Stain* dalam produksi kaca pada saat proses pemotongan.

Tabel 4.3 Statistika Deskriptif Pada Proses Pemotongan Kaca Tahap 2

No.	Kelas Cacat	Jenis Cacat	n	Jumlah cacat
1.	Kritis	<i>Cullet</i>	99885	101
		<i>Scratch</i>	99885	207
2.	Major	<i>Pushmark</i>	99885	32
		<i>Chipping</i>	99885	53
3.	Minor	<i>Water Stain</i>	99885	0
		<i>Other Second</i>	99885	22

Berdasarkan Tabel 4.3, dapat diketahui bahwa pada tahap 2 jumlah cacat yang paling banyak berasal dari kelas cacat kritis yaitu cacat *scratch* sebanyak 207 pcs dari 99885 sampel dan cacat *cullet* yaitu sebanyak 101 pcs dari 99885 sampel, ini berarti bahwa sering terdapat cacat *scratch* dan cacat *cullet* dalam produksi kaca pada saat proses pemotongan. Sedangkan, jumlah cacat yang paling sedikit atau jarang terjadi berasal dari kelas cacat minor yaitu cacat *Water Stain* sebanyak 0 pcs dari 99885 sampel, ini berarti bahwa tidak terdapat cacat *Water Stain* dalam produksi kaca pada saat proses pemotongan.

4.3 Uji Proporsi Antar Tahap

Uji proporsi digunakan untuk melihat pergeseran proses berdasarkan 2 tahap, yaitu bulan Januari-Juni 2013 untuk tahap 1, dan bulan Juli-Desember 2013 untuk tahap 2. Jika p_1 adalah proporsi cacat tahap ke-1 dan p_2 adalah proporsi cacat tahap ke-2 berdasarkan data pada Lampiran C, maka perumusan hipotesis untuk pengujian proporsi sebagai berikut.

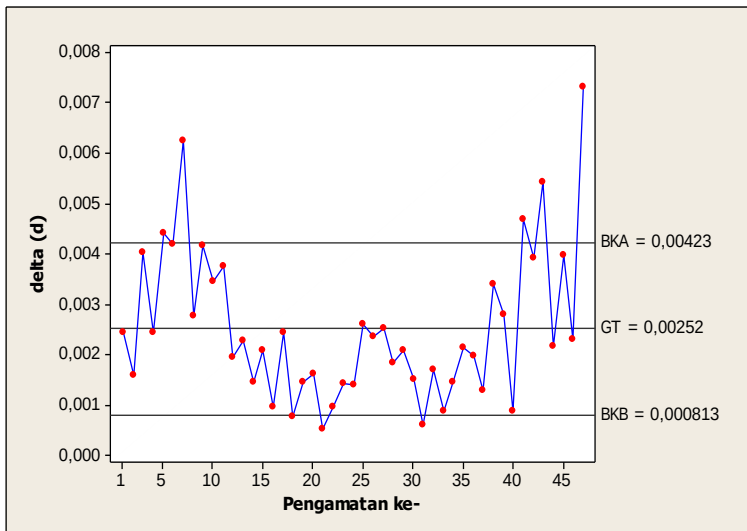
Tabel 4.4 Uji Proporsi Berdasarkan Tahap

Hipotesis	$\hat{p}$	$ Z_0 $	$Z_{\alpha/2} = Z_{0,025}$	Keputusan
$H_0 : p_1 = p_2$ $H_1 : p_1 \neq p_2$	0,11182	-0,733	1,96	Gagal Tolak H_0

Berdasarkan Tabel 4.4, dengan menggunakan nilai α sebesar 5% diperoleh nilai $Z_{\alpha/2} = Z_{0,025}$ sebesar 1,96, dapat diketahui bahwa keputusan untuk tahap 1 dan tahap 2 adalah gagal tolak H_0 dikarenakan $|Z_0| < Z_{0,025}$ yaitu $-0,733 < 1,96$. Jadi, tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara tahap 1 dan tahap 2 terhadap hasil proses pemotongan kaca.

4.4 Evaluasi Proses Tahun 2013

Evaluasi proses dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan peta p multivariat, yaitu untuk mengevaluasi kualitas proses dari data jenis cacat produk kaca pada saat proses pemotongan sudah terkendali secara statistik atau belum. Berikut adalah hasil peta p multivariat selama 1 tahun untuk tahap 1 Januari 2013 sampai dengan 31 Desember 2013.



Gambar 4.1 Peta p multivariat tahun 2013

Berdasarkan Gambar 4.1, dapat diketahui bahwa batas kendali atas adalah 0,00423, garis tengah adalah 0,00252 dan

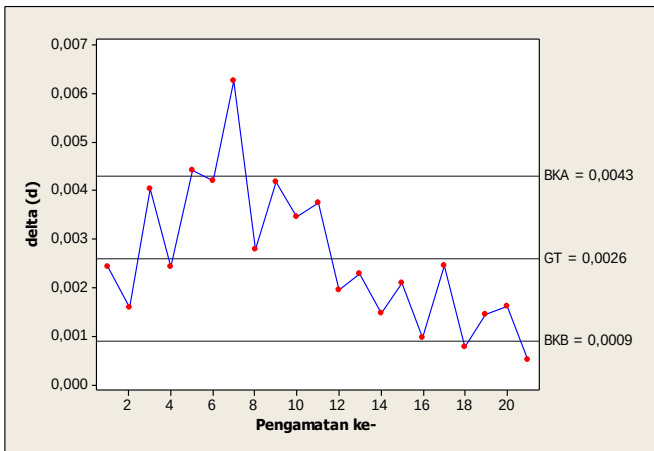
batas kendali bawah adalah 0,000813. Dari batas kendali tersebut, dapat diketahui bahwa hasil peta p multivariat tahun 2013 mengalami pergeseran proses dikarenakan titik-titik pengamatan berpola fluktuatif, sehingga perlu dilakukan pembagian 2 tahap yaitu tahap 1 pada bulan 1 Januari 2013 sampai 30 Juni 2013 dan tahap 2 pada bulan 1 Juli 2013 sampai dengan 31 Desember 2013. Masing-masing tahap dilakukan berdasarkan data jenis cacat selama 6 bulan. Hal tersebut dilakukan dengan cara melihat hasil batas kendali, apabila proses pada tahap 1 tidak terkendali, maka ditelusuri variabel penyebab terjadinya pengamatan yang tidak terkendali dan pengamatan diluar batas kendali dihilangkan. Selanjutnya, pada tahap 2 akan dilakukan monitoring kembali untuk pengamatan berikutnya.

4.4.1 Evaluasi Proses Tahap 1

Dalam peta p multivariat pada tahap 1, menggunakan data jenis cacat proses produksi kaca jenis LNFL saat proses pemotongan pada bulan 1 Januari 2013 sampai 30 Juni 2013. Pada tahap 1 diperoleh pengamatan sebanyak 21 subgrup. Sesuai dengan metode peta p multivariat, terdapat nilai pembobot yang ditentukan berdasarkan klasifikasi kelas cacat, maka setiap variabel dimasukan kedalam klasifikasi kelas kritis, major dan minor untuk memperoleh nilai statistik $\hat{\sigma}$ yang kemudian dapat diperoleh peta p multivariat pada tahap 1 dengan perhitungan batas kendali sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 BKA &= \sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i + \sqrt{\chi_{3,\alpha}^2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^3 d_i^2 \hat{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i \right)^2 \right]} \\
 &= 0,0026 + 2,796 \sqrt{\frac{1}{4154} [0,00156 - 0,0000068]} \\
 &= 0,0026 + 0,00171 = 0,0043 \\
 \text{GarisTengah} &= \sum_{i=1}^3 d_i \hat{p}_i = 0,0026
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 BKB &= \sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i - \sqrt{\chi_{3,\alpha}^2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^3 d_i^2 \hat{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i \right)^2 \right]} \\
 &= 0,0026 - 2,796 \sqrt{\frac{1}{4154} [0,00156 - 0,0000068]} \\
 &= 0,0026 - 0,00171 = 0,0009
 \end{aligned}$$



Gambar 4.2 Peta p multivariat pada tahap 1

Berdasarkan Gambar 4.2, dapat diketahui bahwa batas kendali atas adalah 0,0043, garis tengah adalah 0,0026 dan batas kendali bawah adalah 0,0009. Dari batas kendali tersebut, terdapat 4 titik pengamatan yang berada diluar batas kendali yaitu pada titik pengamatan ke-5, 7, 18, 21. Hal ini menunjukkan bahwa data kecacatan produksi kaca saat proses pemotongan pada tahap 1 belum terkendali secara statistik dikarenakan pada saat itu kualitas bahan baku yang belum baik dan operator kelelahan. Setelah diketahui titik-titik pengamatan yang menyebabkan tidak terkendali, maka dapat diidentifikasi variabel penyebab terjadinya tidak terkendali. Berikut adalah nilai pengamatan yang berada diluar batas kendali sebagai berikut.

Tabel 4.5 Nilai Pengamatan Diluar Batas Kendali

Pengamatan	δ
5	0,0044
7	0,0063
18	0,0008
21	0,0005

Berdasarkan Tabel 4.5, dapat diketahui bahwa titik pengamatan ke-5, 7, 18, 21 berada diluar batas kendali dengan nilai δ masing-masing sebesar 0,0044, 0,0063, 0,0008 dan 0,0005. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai Z_t untuk mengetahui variabel penyebab terjadinya tidak terkendali seperti yang terlihat pada lampiran D. Hasil perhitungan Z_t dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4.6 Variabel Penyebab Terjadinya Tidak Terkendali

Pengamatan	Variabel Penyebab
5	Tidak Ada
7	Tidak Ada
18	Tidak Ada
21	Tidak Ada

Berdasarkan Tabel 4.6, dengan α sebesar 0,05 dapat diketahui nilai χ^2 tabel sebesar 11,070 maka tidak ada variabel penyebab terjadinya tidak terkendali pada titik pengamatan ke-5, 7, 18, 21 dikarenakan nilai $Z_t < 11,070$.

Sehingga, apabila dilakukan kebijakan perbaikan proses dengan cara kualitas bahan baku yang digunakan baik dan operator bekerja dengan baik, diharapkan semua titik-titik pengamatan berada dalam batas kendali. Batas kendali tanpa titik pengamatan ke-5, 7, 18, 21 dapat dijadikan acuan proses yang terkendali, sehingga diperoleh standar proses dengan perhitungan sebagai berikut.

$$BKA = \sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i + \sqrt{\chi_{3,\alpha}^2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^3 d_i^2 \hat{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i \right)^2 \right]}$$

$$= 0,0025 + 2,796 \sqrt{\frac{1}{4240} [0,00150 - 0,0000064]}$$

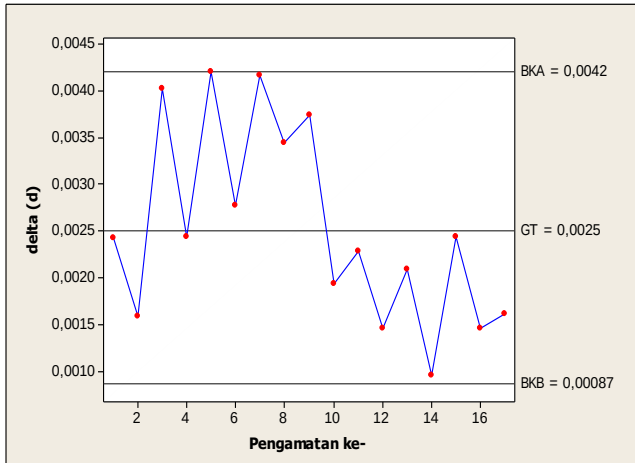
$$= 0,0025 + 0,00166 = 0,0042$$

$$\text{GarisTengah} = \sum_{i=1}^3 d_i \hat{p}_i = 0,0025$$

$$BKB = \sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i - \sqrt{\chi_{3,\alpha}^2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^3 d_i^2 \hat{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i \right)^2 \right]}$$

$$= 0,0025 - 2,796 \sqrt{\frac{1}{4240} [0,00150 - 0,0000064]}$$

$$= 0,0025 - 0,00166 = 0,00087$$



Gambar 4.3 Perbaikan pertama peta p multivariat pada tahap 1

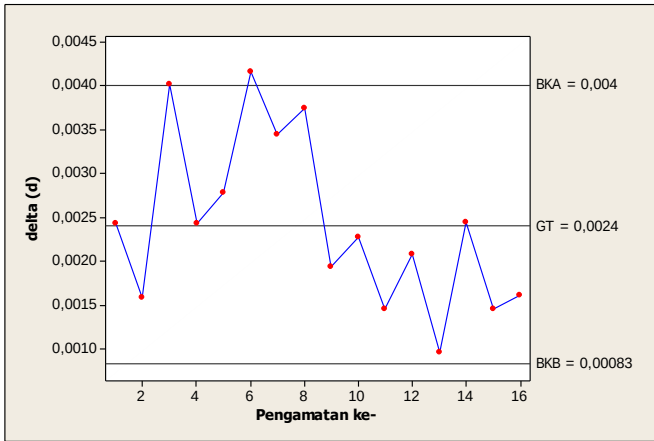
Berdasarkan Gambar 4.3, dapat diketahui bahwa batas kendali atas adalah 0,0042, garis tengah adalah 0,0025 dan batas kendali bawah adalah 0,00087. Dari batas kendali tersebut, terdapat 1 titik pengamatan yang berada diluar batas kendali yaitu pada titik pengamatan ke-5. Hal ini menunjukkan bahwa data kecacatan produksi kaca saat proses pemotongan pada tahap 1 belum terkendali secara statistik dikarenakan operator kelelahan dan kurang teliti. Setelah diketahui titik-titik pengamatan yang menyebabkan tidak terkendali, maka dapat diidentifikasi variabel penyebab terjadinya tidak terkendali.

Titik pengamatan ke-5 berada diluar batas kendali dengan nilai δ sebesar 0,00421. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai Z_t untuk mengetahui variabel penyebab terjadinya tidak terkendali. Dengan α sebesar 0,05 dapat diketahui nilai χ^2 tabel sebesar 11,070 maka tidak ada variabel penyebab terjadinya tidak terkendali pada titik pengamatan ke-5 dikarenakan nilai $Z_t < 11,070$ seperti yang terlihat pada lampiran D.

Sehingga, apabila dilakukan kebijakan perbaikan proses dengan cara operator bekerja dengan baik dan teliti, diharapkan semua titik-titik pengamatan berada dalam batas kendali. Batas kendali tanpa titik pengamatan ke-5 dapat dijadikan acuan proses yang terkendali, sehingga diperoleh standar proses dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 BKA &= \sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i + \sqrt{\chi_{3,\alpha}^2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^3 d_i^2 \hat{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i \right)^2 \right]} \\
 &= 0,0024 + 2,796 \sqrt{\frac{1}{4398} [0,00143 - 0,0000059]} \\
 &= 0,0024 + 0,00159 = 0,004 \\
 \text{GarisTengah} &= \sum_{i=1}^3 d_i \hat{p}_i = 0,0024
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 BKB &= \sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i - \sqrt{\chi_{3,\alpha}^2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^3 d_i^2 \hat{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i \right)^2 \right]} \\
 &= 0,0024 - 2,796 \sqrt{\frac{1}{4398} [0,00143 - 0,0000059]} \\
 &= 0,0024 - 0,00159 = 0,00083
 \end{aligned}$$



Gambar 4.4 Perbaikan kedua peta p multivariat pada tahap 1

Berdasarkan Gambar 4.4, dapat diketahui bahwa batas kendali atas adalah 0,004, garis tengah adalah 0,0024 dan batas kendali bawah adalah 0,00083. Dari batas kendali tersebut, terdapat 2 titik pengamatan yang berada diluar batas kendali yaitu pada titik pengamatan ke-3 dan 6. Hal ini menunjukkan bahwa data kecacatan produksi kaca saat proses pemotongan pada tahap 1 belum terkendali secara statistik dikarenakan metode pemotongan yang digunakan belum optimal. Setelah diketahui titik-titik pengamatan yang menyebabkan tidak terkendali, maka dapat diidentifikasi variabel penyebab terjadinya tidak terkendali. Berikut adalah nilai pengamatan yang berada diluar batas kendali sebagai berikut.

Tabel 4.7 Nilai Pengamatan Diluar Batas Kendali

Pengamatan	δ
3	0,00402
6	0,0042

Berdasarkan Tabel 4.7, dapat diketahui bahwa titik pengamatan ke-3 dan 6 berada diluar batas kendali dengan nilai δ masing-masing sebesar 0,00402 dan 0,0042. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai Z_t untuk mengetahui variabel penyebab terjadinya tidak terkendali seperti yang terlihat pada lampiran D. Hasil perhitungan Z_t dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4.8 Variabel Penyebab Terjadinya Tidak Terkendali

Pengamatan	Variabel Penyebab
3	Tidak Ada
6	Tidak Ada

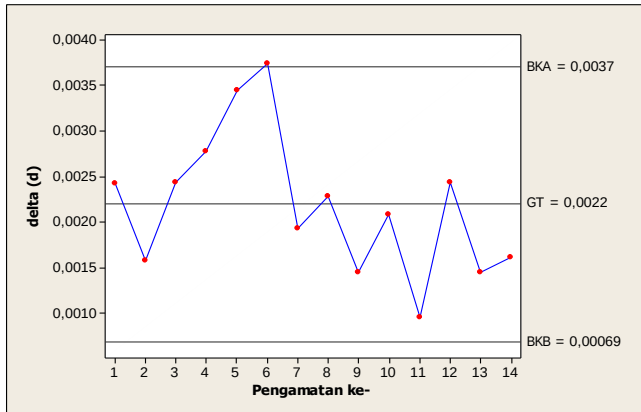
Berdasarkan Tabel 4.8, dengan α sebesar 0,05 dapat diketahui nilai χ^2 tabel sebesar 11,070 maka tidak ada variabel penyebab terjadinya tidak terkendali pada titik pengamatan ke-3 dan 6 dikarenakan nilai $Z_t < 11,070$.

Sehingga, apabila dilakukan kebijakan perbaikan proses dengan cara metode pemotongan yang digunakan sudah optimal, diharapkan semua titik-titik pengamatan berada dalam batas kendali. Batas kendali tanpa titik pengamatan ke-3 dan 6 dapat dijadikan acuan proses yang terkendali, sehingga diperoleh standar proses dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 BKA &= \sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i + \sqrt{\chi_{3,\alpha}^2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^3 d_i^2 \hat{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i \right)^2 \right]} \\
 &= 0,0022 + 2,796 \sqrt{\frac{1}{4509} [0,00130 - 0,00000478]} \\
 &= 0,0025 + 0,00149 = 0,0037
 \end{aligned}$$

$$\text{GarisTengah} = \sum_{i=1}^3 d_i \hat{p}_i = 0,0022$$

$$\begin{aligned} \text{BKB} &= \sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i - \sqrt{\chi_{3,\alpha}^2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^3 d_i^2 \hat{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i \right)^2 \right]} \\ &= 0,0022 - 2,796 \sqrt{\frac{1}{4509} [0,00130 - 0,00000478]} \\ &= 0,0025 - 0,00149 = 0,00069 \end{aligned}$$



Gambar 4.5 Perbaikan ketiga peta p multivariat pada tahap 1

Berdasarkan Gambar 4.5, dapat diketahui bahwa batas kendali atas adalah 0,0037, garis tengah adalah 0,0022 dan batas kendali bawah adalah 0,00061. Dari batas kendali tersebut, terdapat 1 titik pengamatan yang berada diluar batas kendali yaitu pada titik pengamatan ke-6. Hal ini menunjukkan bahwa data kecacatan produksi kaca saat proses pemotongan pada tahap 1 belum terkendali secara statistik dikarenakan kurangnya *maintenance* pada mesin. Setelah diketahui titik-titik pengamatan yang menyebabkan tidak terkendali, maka dapat diidentifikasi variabel penyebab terjadinya tidak terkendali.

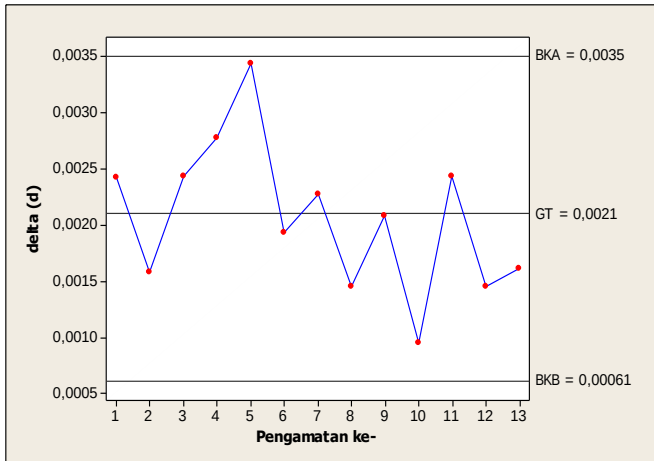
Titik pengamatan ke-6 berada diluar batas kendali dengan nilai δ sebesar 0,00375. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai Z_t untuk mengetahui variabel penyebab terjadinya tidak terkendali. Dengan α sebesar 0,05 dapat diketahui nilai χ^2 tabel sebesar 11,070 maka tidak ada variabel penyebab terjadinya tidak terkendali pada titik pengamatan ke-6 dikarenakan nilai $Z_t < 11,070$ seperti yang terlihat pada lampiran D.

Sehingga, apabila dilakukan kebijakan perbaikan proses dengan cara dilakukan *maintenance* pada mesin secara teratur, diharapkan semua titik-titik pengamatan berada dalam batas kendali. Batas kendali tanpa titik pengamatan ke-6 dapat dijadikan acuan proses yang terkendali, sehingga diperoleh standar proses dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} BKA &= \sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i + \sqrt{\chi_{3,\alpha}^2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^3 d_i^2 \hat{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i \right)^2 \right]} \\ &= 0,0021 + 2,796 \sqrt{\frac{1}{4493} [0,00123 - 0,00000427]} \\ &= 0,0021 + 0,00146 = 0,0035 \end{aligned}$$

$$\text{GarisTengah} = \sum_{i=1}^3 d_i \hat{p}_i = 0,0021$$

$$\begin{aligned} BKB &= \sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i - \sqrt{\chi_{3,\alpha}^2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^3 d_i^2 \hat{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i \right)^2 \right]} \\ &= 0,0021 - 2,796 \sqrt{\frac{1}{4493} [0,00123 - 0,00000427]} \\ &= 0,0021 - 0,00146 = 0,00061 \end{aligned}$$

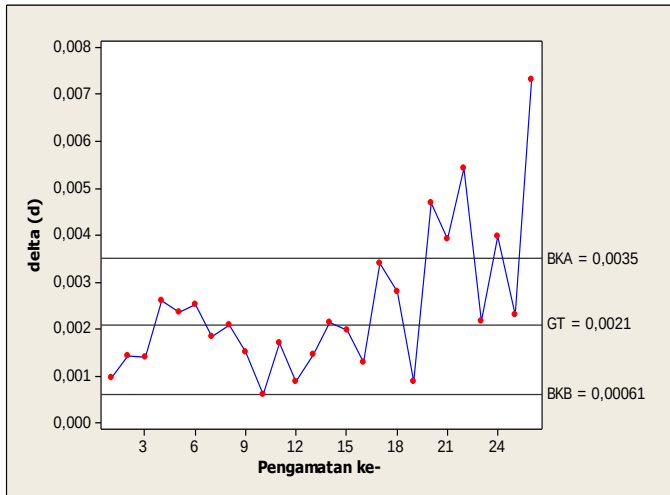


Gambar 4.6 Perbaikan keempat peta p multivariat pada tahap 1

Berdasarkan Gambar 4.6, dapat diketahui bahwa batas kendali atas adalah 0,0035, garis tengah adalah 0,0021 dan batas kendali bawah adalah 0,00061. Dari batas kendali tersebut, titik-titik pengamatan berada diantara batas kendali. Hal ini menunjukkan bahwa pada hasil peta kendali p multivariat tahap 1 data kecacatan produksi kaca saat proses pemotongan sudah terkendali secara statistik.

4.4.2 Evaluasi Proses Tahap 2

Dalam peta p multivariat pada tahap 2, menggunakan data jenis cacat proses produksi kaca jenis LNFL saat proses pemotongan pada bulan 1 Juli 2013 sampai dengan 31 Desember 2013. Pada tahap 2 diperoleh pengamatan sebanyak 26 subgrup. Sesuai dengan metode peta p multivariat, terdapat nilai pembobot yang ditentukan berdasarkan klasifikasi kelas cacat, maka setiap variabel dimasukkan kedalam klasifikasi kelas kritis, major dan minor untuk didapatkan nilai statistik $\hat{\delta}$ yang kemudian dapat diperoleh peta p multivariat pada tahap 2 sebagai berikut.



Gambar 4.7 Peta p multivariat pada tahap 2

Berdasarkan Gambar 4.7, dapat diketahui bahwa dengan menggunakan batas kendali pada tahap 1 dalam keadaan terkendali, proses pemotongan kaca tidak mengalami pergeseran proses, baik dilihat dari hasil peta p multivariat maupun pengujian proporsi antar tahap dengan batas kendali atas adalah 0,0035, garis tengah adalah 0,0021 dan batas kendali bawah adalah 0,00061. Dari batas kendali tersebut, terdapat 6 titik pengamatan yang berada diluar batas kendali yaitu pada titik pengamatan ke-10, 20, 21, 22, 24 dan 26. Hal ini menunjukkan bahwa data kecacatan produksi kaca saat proses pemotongan pada tahap 2 belum terkendali secara statistik dikarenakan operator kelelahan dan kurang teliti. Setelah diketahui titik-titik pengamatan yang menyebabkan tidak terkendali, maka dapat diidentifikasi variabel penyebab terjadinya tidak terkendali. Berikut adalah nilai pengamatan yang berada diluar batas kendali sebagai berikut.

Tabel 4.9 Nilai Pengamatan Diluar Batas Kendali

Pengamatan	δ
10	0,000615
20	0,0047
21	0,0039
22	0,0054
24	0,00397
26	0,0073

Berdasarkan Tabel 4.9, dapat diketahui bahwa titik pengamatan ke-10, 20, 21, 22, 24 dan 26 berada diluar batas kendali dengan nilai δ masing-masing sebesar 0,000615, 0,0047, 0,0039, 0,0054, 0,00397 dan 0,0073. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai Z_t untuk mengetahui variabel penyebab terjadinya tidak terkendali seperti yang terlihat pada lampiran D. Hasil perhitungan Z_t dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4.10 Variabel Penyebab Terjadinya Tidak Terkendali

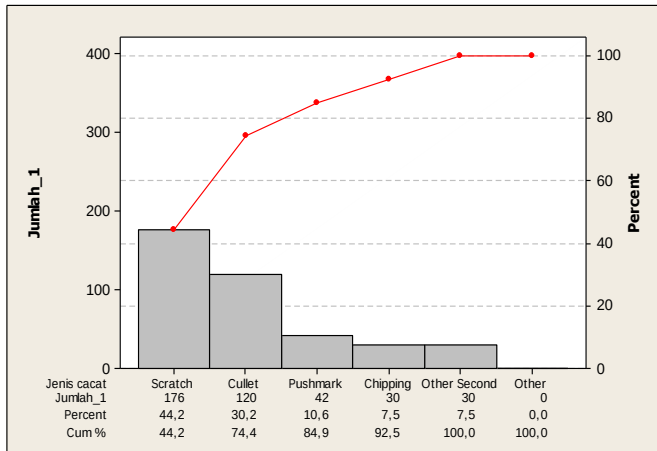
Pengamatan	Variabel Penyebab
10	Tidak Ada
20	Tidak Ada
21	Tidak Ada
22	Tidak Ada
24	Tidak Ada
26	Tidak Ada

Berdasarkan Tabel 4.10, dengan α sebesar 0,05 dapat diketahui nilai χ^2 tabel sebesar 11,070 maka tidak ada variabel penyebab terjadinya tidak terkendali pada titik pengamatan ke-10, 20, 21, 22, 24 dan 26 dikarenakan nilai $Z_t < 11,070$.

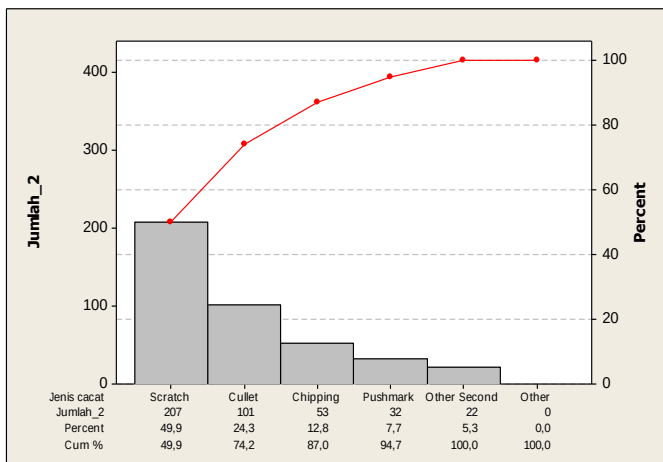
4.5 Jenis Cacat Dominan

Dalam menganalisis jenis cacat dominan yang terdapat pada proses pemotongan kaca yang memiliki 6 jenis cacat dapat menggunakan diagram pareto. Diagram pareto digunakan untuk

mengetahui urutan masalah mulai dari prioritas cacat tertinggi hingga prioritas cacat terendah, sehingga dapat diketahui jenis cacat yang berpengaruh besar dalam proses tersebut. Hasil diagram pareto pada masing-masing tahap dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 4.8 Diagram pareto pada proses pemotongan kaca tahap 1

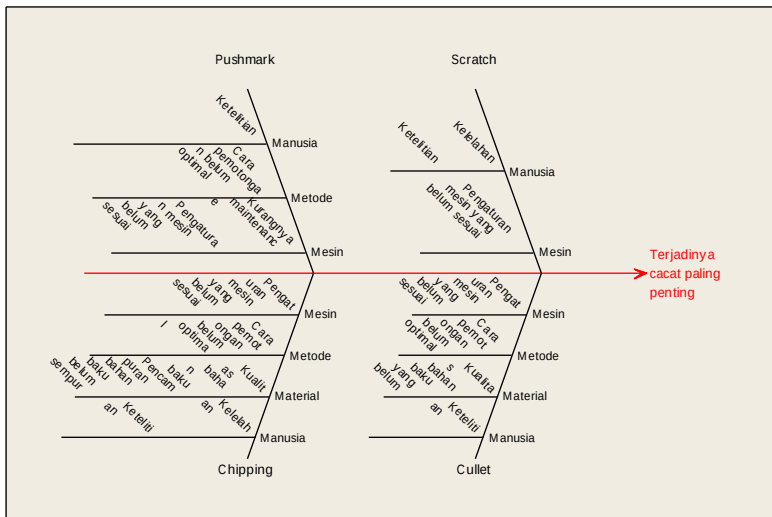


Gambar 4.9 Diagram pareto pada proses pemotongan kaca tahap 2

Berdasarkan hasil diagram pareto proses pemotongan kaca pada masing-masing tahap, dapat diketahui bahwa nilai persentase kumulatif cacat tahap 1 sebesar 84,9% cacat yang terjadi didominasi oleh jenis cacat *scratch*, *cullet* dan *pushmark*, nilai presentase kumulatif cacat tahap 2 sebesar 87,0% cacat yang terjadi didominasi oleh jenis cacat *scratch*, *cullet* dan *chipping*.

4.6 Faktor Penyebab Cacat

Untuk mengetahui faktor penyebab cacat, dapat diketahui dengan menggunakan diagram sebab-akibat. Diagram sebab-akibat atau bisa disebut dengan diagram Ishikawa merupakan diagram yang digunakan untuk melihat faktor penyebab cacat yang terjadi pada saat proses berjalan berdasarkan faktor manusia, material, mesin, metode dan lingkungan. Hasil diagram sebab-akibat dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 4.10 Diagram sebab-akibat pada jenis cacat paling penting

Berdasarkan Gambar 4.10, dapat diketahui bahwa sumber penyebab dari terjadinya cacat *scratch*, *cullet*, *pushmark* dan

chipping hanya disebabkan faktor manusia, mesin, material dan metode. Dilihat dari segi manusia, penyebabnya adalah ketelitian operator dalam menjalankan mesin dan adanya rasa kelelahan operator dalam bekerja, sehingga kurang maksimal saat bekerja. Dilihat dari segi mesin, penyebabnya adalah kurangnya *maintenance* dan pengaturan mesin yang belum sesuai sehingga berkurangnya ketajaman mesin dalam memotong kaca. Dari segi material, penyebabnya adalah kualitas bahan baku yang belum baik dan pencampuran bahan baku yang belum sempurna menyebabkan proses pemotongan kaca tidak maksimal. Dari segi metode, penyebabnya adalah cara pemotongan yang digunakan belum optimal sehingga terjadi adanya cacat saat proses pemotongan. Oleh karena itu, akibat dari penyebab-penyebab tersebut adalah terjadinya cacat paling penting yang menjadi faktor prioritas untuk diperbaiki.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**Lampiran A. Data Jenis Cacat Kaca Periode 1 Januari 2013
– 31 Desember 2013**

Pengamatan	Sampel	Kelas Cacat					
		Cacat Kritis		Cacat Mayor		Cacat Minor	
		<i>Cullet</i>	<i>Scratch</i>	<i>Pushmark</i>	<i>Chipping</i>	<i>Water Stain</i>	<i>Other Secondary</i>
1	3120	6	3	4	0	0	8
2	4932	5	7	0	0	0	2
3	4324	13	9	10	3	0	0
4	3892	8	6	0	0	0	6
5	288	2	0	0	0	0	0
6	1728	1	10	0	0	0	3
7	4516	19	20	4	9	0	1
8	5268	12	9	2	3	0	0
9	2908	2	15	5	0	0	0
10	4424	8	14	2	1	0	5
11	4724	3	22	2	5	0	0
12	2944	2	7	0	0	0	0
13	3848	7	6	2	0	0	0
14	5344	9	2	0	3	0	0
15	5168	9	8	0	0	0	0
16	4860	3	4	0	0	0	2
17	4708	4	12	2	3	0	0
18	5364	2	3	3	0	0	2
19	4916	1	9	3	0	0	0
20	4980	2	8	3	3	0	1
21	4980	2	2	0	0	0	0
22	4736	4	3	0	0	0	1
23	5376	6	6	0	0	0	0
24	3780	1	7	0	1	0	0
25	5044	18	2	0	1	0	2
26	5376	5	13	1	4	0	0
27	5216	4	16	2	0	0	0
28	5228	6	5	4	6	0	0
29	5140	3	12	0	1	0	9
30	5136	1	9	3	2	0	1

Pengamatan	Sampel	Kelas Cacat					
		Cacat Kritis		Cacat Mayor		Cacat Minor	
		<i>Cullet</i>	<i>Scratch</i>	<i>Pushmark</i>	<i>Chipping</i>	<i>Water Stain</i>	<i>Other Secondary</i>
31	5256	1	2	2	3	0	0
32	5204	5	8	1	1	0	1
33	4824	1	4	3	1	0	0
34	6012	3	9	1	3	0	0
35	2694	2	4	0	7	0	1
36	2592	0	7	0	1	0	4
37	2602	1	3	1	2	0	0
38	2623	6	6	4	1	0	0
39	2464	4	6	2	0	0	0
40	2362	2	0	3	0	0	0
41	2688	5	13	1	3	0	1
42	2637	1	14	0	3	0	0
43	2182	7	10	2	2	0	0
44	2506	1	7	1	0	0	1
45	2663	8	7	1	3	0	0
46	2592	0	8	0	3	0	1
47	2952	6	26	0	5	0	0
Jumlah	187121	221	383	74	83	0	52

**Lampiran A1. Data Jenis Cacat Kaca Periode 1 Januari
2013 – 30 Juni 2013 (Tahap 1)**

Pengamatan	Sampel	Kelas Cacat					
		Cacat Kritis		Cacat Mayor		Cacat Minor	
		<i>Cullet</i>	<i>Scratch</i>	<i>Pushmark</i>	<i>Chipping</i>	<i>Water Stain</i>	<i>Other Secondary</i>
1	3120	6	3	4	0	0	8
2	4932	5	7	0	0	0	2
3	4324	13	9	10	3	0	0
4	3892	8	6	0	0	0	6
5	288	2	0	0	0	0	0
6	1728	1	10	0	0	0	3
7	4516	19	20	4	9	0	1
8	5268	12	9	2	3	0	0
9	2908	2	15	5	0	0	0
10	4424	8	14	2	1	0	5
11	4724	3	22	2	5	0	0
12	2944	2	7	0	0	0	0
13	3848	7	6	2	0	0	0
14	5344	9	2	0	3	0	0
15	5168	9	8	0	0	0	0
16	4860	3	4	0	0	0	2
17	4708	4	12	2	3	0	0
18	5364	2	3	3	0	0	2
19	4916	1	9	3	0	0	0
20	4980	2	8	3	3	0	1
21	4980	2	2	0	0	0	0
Jumlah	87236	120	176	42	30	0	30

**Lampiran A2. Data Jenis Cacat Kaca Periode 1 Juli 2013 –
31 Desember 2013 (Tahap 2)**

Pengamatan	Sampel	Kelas Cacat					
		Cacat Kritis		Cacat Mayor		Cacat Minor	
		<i>Cullet</i>	<i>Scratch</i>	<i>Pushmark</i>	<i>Chipping</i>	<i>Water Stain</i>	<i>Other Secondary</i>
1	4736	4	3	0	0	0	1
2	5376	6	6	0	0	0	0
3	3780	1	7	0	1	0	0
4	5044	18	2	0	1	0	2
5	5376	5	13	1	4	0	0
6	5216	4	16	2	0	0	0
7	5228	6	5	4	6	0	0
8	5140	3	12	0	1	0	9
9	5136	1	9	3	2	0	1
10	5256	1	2	2	3	0	0
11	5204	5	8	1	1	0	1
12	4824	1	4	3	1	0	0
13	6012	3	9	1	3	0	0
14	2694	2	4	0	7	0	1
15	2592	0	7	0	1	0	4
16	2602	1	3	1	2	0	0
17	2623	6	6	4	1	0	0
18	2464	4	6	2	0	0	0
19	2362	2	0	3	0	0	0
20	2688	5	13	1	3	0	1
21	2637	1	14	0	3	0	0
22	2182	7	10	2	2	0	0
23	2506	1	7	1	0	0	1
24	2663	8	7	1	3	0	0
25	2592	0	8	0	3	0	1
26	2952	6	26	0	5	0	0
Jumlah	99885	101	207	32	53	0	22

**Lampiran B. Data Proporsi Jenis Cacat Kaca Periode
1 Januari 2013 – 31 Desember 2013**

Pengamatan	P₀	P₁	P₂	P₃
1	0,9933	0,0029	0,0013	0,0026
2	0,9972	0,0024	0,0000	0,0004
3	0,9919	0,0051	0,0030	0,0000
4	0,9949	0,0036	0,0000	0,0015
5	0,9931	0,0069	0,0000	0,0000
6	0,9919	0,0064	0,0000	0,0017
7	0,9883	0,0086	0,0029	0,0002
8	0,9951	0,0040	0,0009	0,0000
9	0,9924	0,0058	0,0017	0,0000
10	0,9932	0,0050	0,0007	0,0011
11	0,9932	0,0053	0,0015	0,0000
12	0,9969	0,0031	0,0000	0,0000
13	0,9961	0,0034	0,0005	0,0000
14	0,9974	0,0021	0,0006	0,0000
15	0,9967	0,0033	0,0000	0,0000
16	0,9981	0,0014	0,0000	0,0004
17	0,9955	0,0034	0,0011	0,0000
18	0,9981	0,0009	0,0006	0,0004
19	0,9974	0,0020	0,0006	0,0000
20	0,9966	0,0020	0,0012	0,0002
21	0,9992	0,0008	0,0000	0,0000
22	0,9983	0,0015	0,0000	0,0002
23	0,9978	0,0022	0,0000	0,0000
24	0,9976	0,0021	0,0003	0,0000
25	0,9954	0,0040	0,0002	0,0004
26	0,9957	0,0033	0,0009	0,0000
27	0,9958	0,0038	0,0004	0,0000
28	0,9960	0,0021	0,0019	0,0000
29	0,9951	0,0029	0,0002	0,0018
30	0,9969	0,0019	0,0010	0,0002
31	0,9985	0,0006	0,0010	0,0000
32	0,9969	0,0025	0,0004	0,0002
33	0,9981	0,0010	0,0008	0,0000

Pengamatan	P_0	P_1	P_2	P_3
34	0,9973	0,0020	0,0007	0,0000
35	0,9948	0,0022	0,0026	0,0004
36	0,9954	0,0027	0,0004	0,0015
37	0,9973	0,0015	0,0012	0,0000
38	0,9935	0,0046	0,0019	0,0000
39	0,9951	0,0041	0,0008	0,0000
40	0,9979	0,0008	0,0013	0,0000
41	0,9914	0,0067	0,0015	0,0004
42	0,9932	0,0057	0,0011	0,0000
43	0,9904	0,0078	0,0018	0,0000
44	0,9960	0,0032	0,0004	0,0004
45	0,9929	0,0056	0,0015	0,0000
46	0,9954	0,0031	0,0012	0,0004
47	0,9875	0,0108	0,0017	0,0000

Keterangan:

- p_0 = proporsi sampel yang tidak cacat
 p_1 = proporsi kelas cacat kritis
 p_2 = proporsi kelas cacat mayor
 p_3 = proporsi kelas cacat minor

**Lampiran B1. Data Proporsi Jenis Cacat Kaca Periode
1 Januari 2013 – 30 Juni 2013 (Tahap 1)**

Pengamatan	P₀	P₁	P₂	P₃
1	0,9933	0,0029	0,0013	0,0026
2	0,9972	0,0024	0,0000	0,0004
3	0,9919	0,0051	0,0030	0,0000
4	0,9949	0,0036	0,0000	0,0015
5	0,9931	0,0069	0,0000	0,0000
6	0,9919	0,0064	0,0000	0,0017
7	0,9883	0,0086	0,0029	0,0002
8	0,9951	0,0040	0,0009	0,0000
9	0,9924	0,0058	0,0017	0,0000
10	0,9932	0,0050	0,0007	0,0011
11	0,9932	0,0053	0,0015	0,0000
12	0,9969	0,0031	0,0000	0,0000
13	0,9961	0,0034	0,0005	0,0000
14	0,9974	0,0021	0,0006	0,0000
15	0,9967	0,0033	0,0000	0,0000
16	0,9981	0,0014	0,0000	0,0004
17	0,9955	0,0034	0,0011	0,0000
18	0,9981	0,0009	0,0006	0,0004
19	0,9974	0,0020	0,0006	0,0000
20	0,9966	0,0020	0,0012	0,0002
21	0,9992	0,0008	0,0000	0,0000

**Lampiran B2. Data Proporsi Jenis Cacat Kaca Periode
1 Juli 2013 – 31 Desember 2013 (Tahap 2)**

Pengamatan	P₀	P₁	P₂	P₃
1	0,9983	0,0015	0,0000	0,0002
2	0,9978	0,0022	0,0000	0,0000
3	0,9976	0,0021	0,0003	0,0000
4	0,9954	0,0040	0,0002	0,0004
5	0,9957	0,0033	0,0009	0,0000
6	0,9958	0,0038	0,0004	0,0000
7	0,9960	0,0021	0,0019	0,0000
8	0,9951	0,0029	0,0002	0,0018
9	0,9969	0,0019	0,0010	0,0002
10	0,9985	0,0006	0,0010	0,0000
11	0,9969	0,0025	0,0004	0,0002
12	0,9981	0,0010	0,0008	0,0000
13	0,9973	0,0020	0,0007	0,0000
14	0,9948	0,0022	0,0026	0,0004
15	0,9954	0,0027	0,0004	0,0015
16	0,9973	0,0015	0,0012	0,0000
17	0,9935	0,0046	0,0019	0,0000
18	0,9951	0,0041	0,0008	0,0000
19	0,9979	0,0008	0,0013	0,0000
20	0,9914	0,0067	0,0015	0,0004
21	0,9932	0,0057	0,0011	0,0000
22	0,9904	0,0078	0,0018	0,0000
23	0,9960	0,0032	0,0004	0,0004
24	0,9929	0,0056	0,0015	0,0000
25	0,9954	0,0031	0,0012	0,0004
26	0,9875	0,0108	0,0017	0,0000

Lampiran C. Data Pengujian Proporsi Pada Masing-Masing Tahap

(i) Data uji proporsi tahap 1

Pengamatan	Sampel	total	proporsi
1	3120	21	0,00673
2	4932	14	0,00284
3	4324	35	0,00809
4	3892	20	0,00514
5	288	2	0,00694
6	1728	14	0,00810
7	4516	53	0,01174
8	5268	26	0,00494
9	2908	22	0,00757
10	4424	30	0,00678
11	4724	32	0,00677
12	2944	9	0,00306
13	3848	15	0,00390
14	5344	14	0,00262
15	5168	17	0,00329
16	4860	9	0,00185
17	4708	21	0,00446
18	5364	10	0,00186
19	4916	13	0,00264
20	4980	17	0,00341
21	4980	4	0,00080

(ii) Data uji proporsi tahap 2

Pengamatan	Sampel	total	proporsi
1	4736	8	0,00169
2	5376	12	0,00223
3	3780	9	0,00238
4	5044	23	0,00456
5	5376	23	0,00428
6	5216	22	0,00422
7	5228	21	0,00402
8	5140	25	0,00486

Pengamatan	Sampel	total	proporsi
9	5136	16	0,00312
10	5256	8	0,00152
11	5204	16	0,00307
12	4824	9	0,00187
13	6012	16	0,00266
14	2694	14	0,00520
15	2592	12	0,00463
16	2602	7	0,00269
17	2623	17	0,00648
18	2464	12	0,00487
19	2362	5	0,00212
20	2688	23	0,00856
21	2637	18	0,00683
22	2182	21	0,00962
23	2506	10	0,00399
24	2663	19	0,00713
25	2592	12	0,00463
26	2952	37	0,01253

Lampiran D. Hasil Perhitungan Identifikasi Variabel Tidak Terkendali

(i) Identifikasi variabel tidak terkendali tahap 1

Pengamatan	$\chi^2_{(6-1);0,05}$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Variabel Penyebab
5	11,070	0,0024	0,0041	0,0008	0,0009	0,0000	0,0006	Tidak ada
7	11,070	0,0191	0,0332	0,0064	0,0072	0,0000	0,0045	Tidak ada
18	11,070	0,0031	0,0053	0,0010	0,0012	0,0000	0,0007	Tidak ada
21	11,070	0,0024	0,0041	0,0008	0,0009	0,0000	0,0006	Tidak ada

(ii) Identifikasi variabel tidak terkendali tahap 1 (perbaikan pertama)

Pengamatan	$\chi^2_{(6-1);0,05}$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Variabel Penyebab
5	11,070	0,0093	0,0161	0,0031	0,0035	0,0000	0,0022	Tidak ada

(iii) Identifikasi variabel tidak terkendali tahap 1 (perbaikan kedua)

Pengamatan	$\chi^2_{(6-1);0,05}$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Variabel Penyebab
3	11,070	0,0121	0,021	0,0041	0,0045	0,0000	0,0029	Tidak ada
6	11,070	0,0136	0,0236	0,0046	0,051	0,0000	0,0032	Tidak ada

(iv) Identifikasi variabel tidak terkendali tahap 1 (perbaikan ketiga)

Pengamatan	$\chi^2_{(6-1);0,05}$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Variabel Penyebab
6	11,070	0,0193	0,0334	0,0065	0,0072	0,0000	0,0045	Tidak ada

(v) Identifikasi variabel tidak terkendali tahap 2

Pengamatan	$\chi^2_{(6-1);0,05}$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Variabel Penyebab
10	11,070	0,0027	0,0046	0,0009	0,001	0,0000	0,0006	Tidak ada
20	11,070	0,0105	0,0182	0,0035	0,004	0,0000	0,0025	Tidak ada
21	11,070	0,0135	0,0234	0,0045	0,0051	0,0000	0,0032	Tidak ada
22	11,070	0,0088	0,00153	0,003	0,0033	0,0000	0,0021	Tidak ada
24	11,070	0,0076	0,0133	0,0026	0,0029	0,0000	0,0018	Tidak ada
26	11,070	0,0235	0,0408	0,0079	0,0088	0,0000	0,0055	Tidak ada

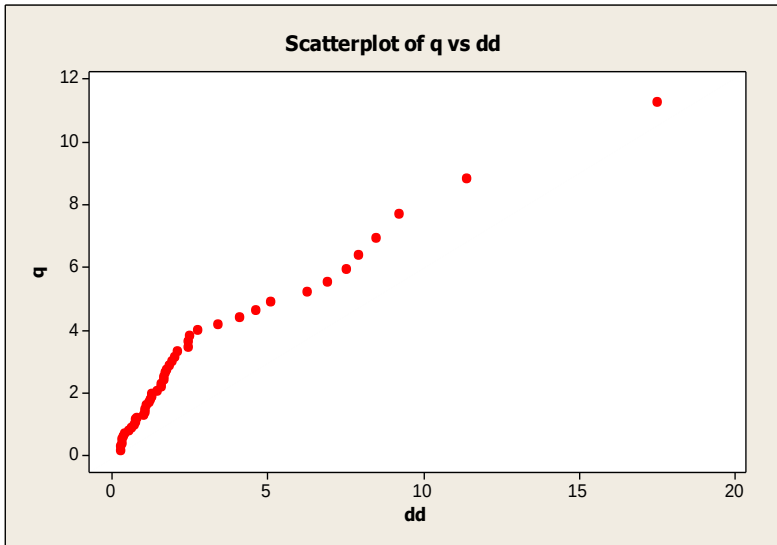
**Lampiran E. Nilai Korelasi Antar Jenis Cacat Kaca
Periode 1 Januari 2013 – 31 Desember 2013**

H_0 : $\rho = 1$ (Terdapat korelasi antar variabel)

H_1 : $\rho \neq 1$ (Tidak terdapat korelasi antar variabel)

		Cullet	Scratch	Pushmark	Chipping	Water Stain	Other Second
Cullet	Korelasi Pearson	1	0,001	0,022	0,061	*	-0,006
	P-value	0	0	0,064	0	*	0,605
Scratch	Korelasi Pearson	0,001	1	-0,002	0,007	*	0,003
	P-value	0	0	0,845	0,538	*	0,823
Pushmark	Korelasi Pearson	0,022	-0,002	1	0,031	*	0,004
	P-value	0,064	0,845	0	0,009	*	0,713
Chipping	Korelasi Pearson	0,061	0,007	0,031	1	*	-0,004
	P-value	0	0,538	0,009	0	*	0,709
Water Stain	Korelasi Pearson	*	*	*	*	1	*
	P-value	*	*	*	*	0	*
Other Second	Korelasi Pearson	-0,006	0,003	0,004	-0,004	*	1
	P-value	0,605	0,823	0,713	0,709	*	0

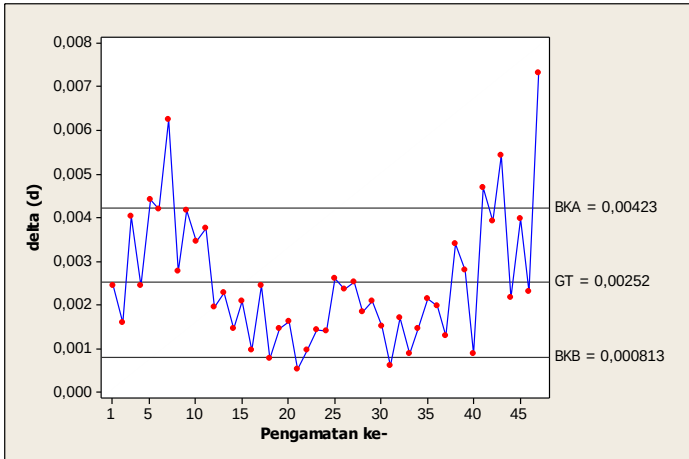
Lampiran F. Distribusi Normal Multivariat Jenis Cacat Kaca Periode 1 Januari 2013 – 31 Desember 2013



Data Display

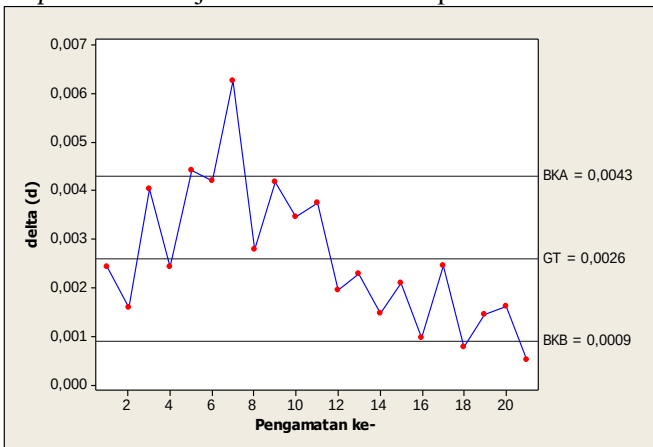
t 0,659574

**Lampiran G. Peta p Multivariat Jenis Cacat Kaca Periode
1 Januari 2013 – 31 Desember 2013**

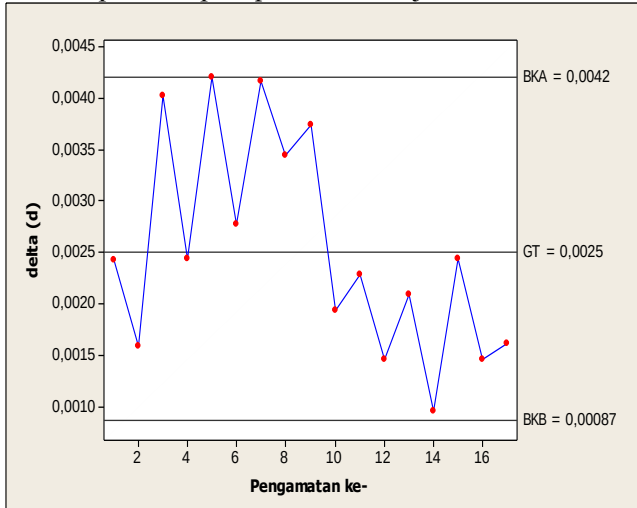


**Lampiran G1. Peta p Multivariat Jenis Cacat Kaca Periode
1 Januari 2013 – 30 Juni 2013 (Tahap 1)**

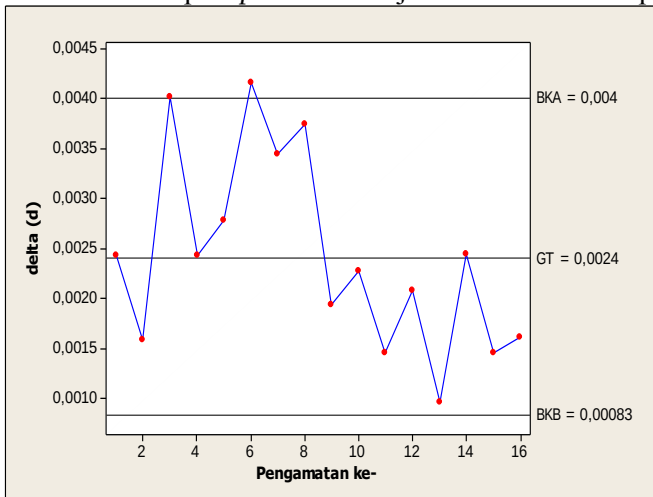
- Peta p multivariat jenis cacat kaca tahap 1



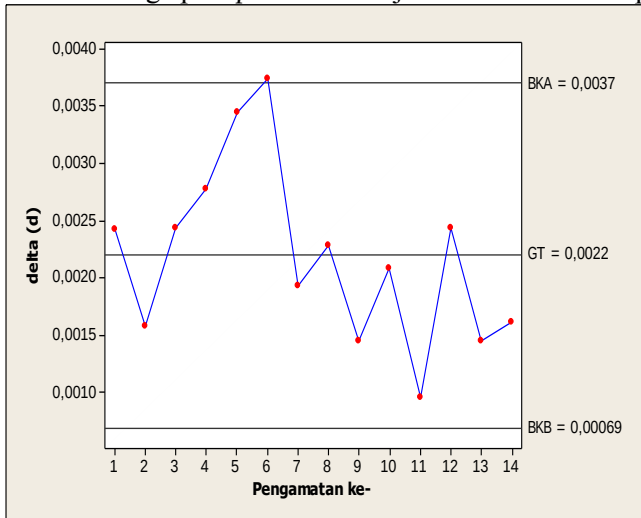
- Perbaikan pertama peta p multivariat jenis cacat kaca tahap 1



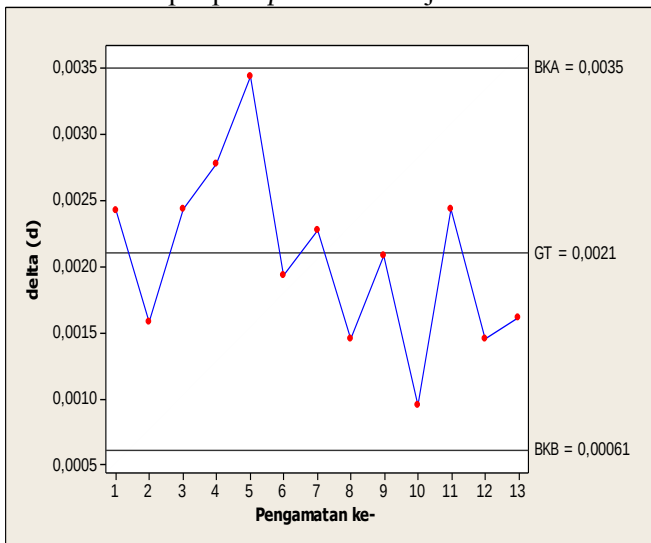
- Perbaikan kedua peta p multivariat jenis cacat kaca tahap 1



- Perbaikan ketiga peta p multivariat jenis cacat kaca tahap 1

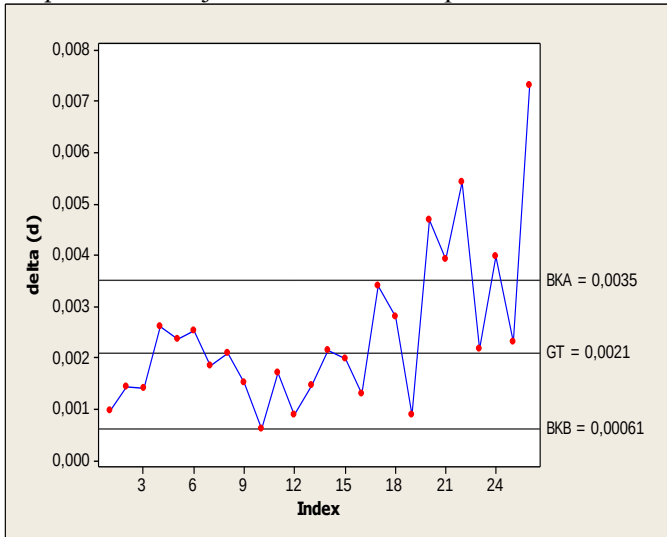


- Perbaikan keempat peta p multivariat jenis cacat kaca tahap 1



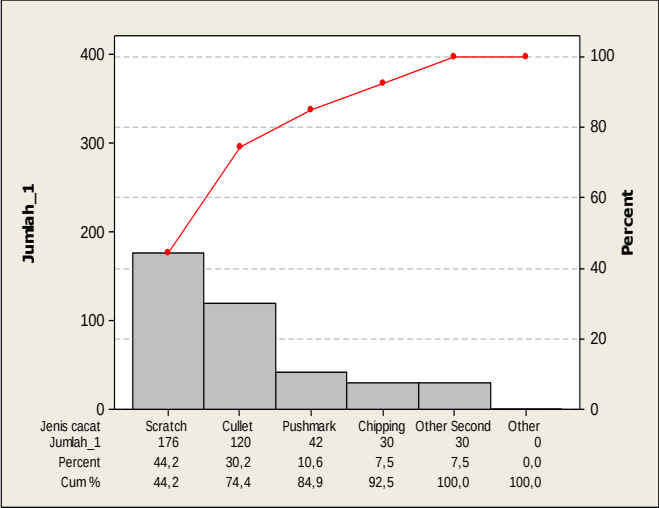
**Lampiran G2. Peta p Multivariat Jenis Cacat Kaca Periode
1 Juli 2013 – 31 Desember 2013 (Tahap 2)**

- Peta p multivariat jenis cacat kaca tahap 2

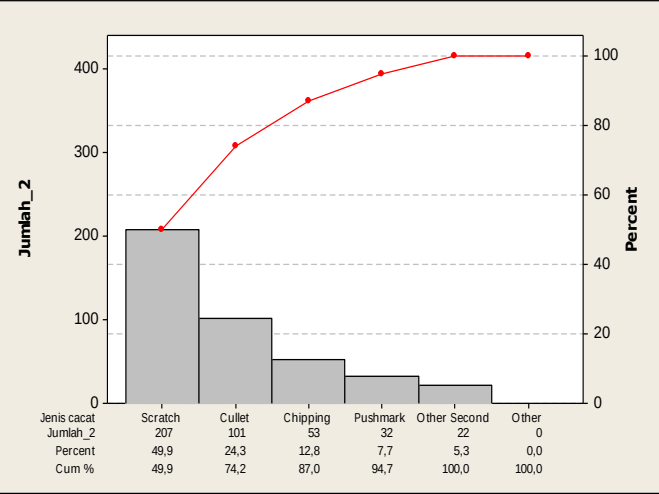


**Lampiran H. Diagram Pareto Jenis Cacat Kaca Periode
1 Januari 2013 – 31 Desember 2013**

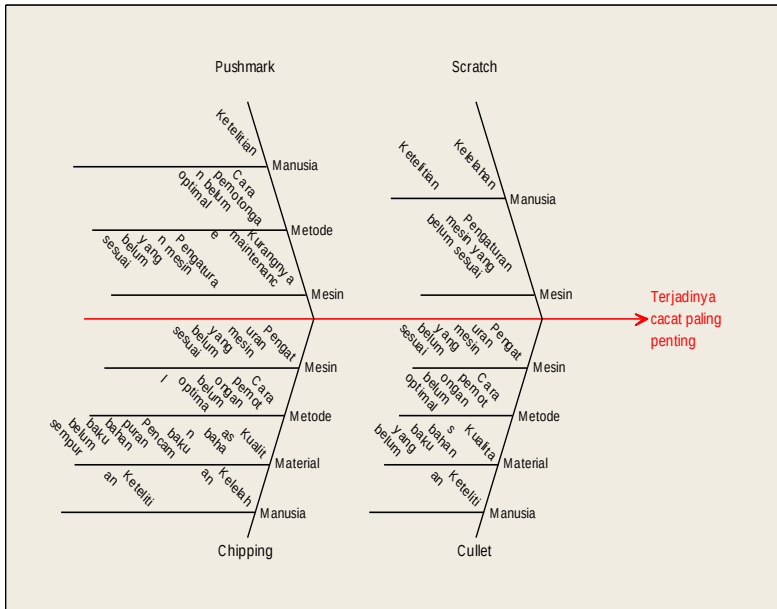
(i) Diagram pareto pada proses produksi kaca tahap 1



(ii) Diagram pareto pada proses produksi kaca tahap 2



Lampiran I. Diagram Sebab-Akibat Jenis Cacat Kaca Periode 1 Januari 2013 – 31 Desember 2013



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari hasil evaluasi proses, dapat disimpulkan bahwa produksi kaca jenis LNFL pada proses pemotongan bulan Januari sampai dengan Desember 2013 mengalami pergeseran proses karena proporsi cacat yang semakin meningkat. Sehingga, perlu adanya pembagian menjadi 2 tahap dan diperoleh hasil bahwa tahap 1 dan tahap 2 tidak berbeda, namun peningkatan tiap cacat tidak dapat diidentifikasi pada jenis cacat tertentu.
2. Dari hasil diagram pareto, dapat diketahui bahwa jenis cacat yang paling mendominasi dalam produksi kaca pada saat proses pemotongan kaca bulan Januari sampai dengan Desember 2013 adalah *scratch* dengan rata-rata sebesar 47,05%, *cullet* dengan rata-rata sebesar 27,25%, *pushmark* dengan rata-rata sebesar 9,15% dan *chipping* dengan rata-rata sebesar 10,15%. Dari hasil diagram sebab akibat, dapat diketahui faktor-faktor penyebab cacat diantaranya yaitu kualitas bahan baku yang belum baik, operator kelelahan dan kurang teliti, cara pemotongan belum optimal, kurangnya *maintenance*, usia mesin yang sudah tua dan pengaturan mesin yang belum sesuai.

5.2 Saran

Dari hasil analisis, dapat diketahui bahwa proses produksi kaca jenis LNFL pada saat pemotongan untuk bulan Januari sampai dengan Desember 2013 memperoleh hasil yang kurang baik. Hal ini terlihat dari analisis peta p multivariat untuk data cacat selama 1 tahun diperoleh hasil bahwa adanya pergeseran proses yang semakin buruk, dikarenakan pada bulan Januari 2013 sampai dengan September 2013 mengalami penurunan dan pada

bulan Oktober sampai dengan Desember 2013 mengalami peningkatan. Sehingga, saran bagi penelitian selanjutnya agar melakukan penyelesaian masalah dengan menggunakan metode yang sesuai untuk jenis cacat yang sedikit. Sedangkan, saran bagi pihak perusahaan agar melakukan perbaikan untuk jenis cacat yang mendominasi yaitu *scratch*, *cullet*, *pushmark* dan *chipping* pada proses pemotongan kaca yang diakibatkan oleh faktor mesin dan faktor manusia dengan cara melakukan *maintenance* pada mesin secara teratur dan perlunya peningkatan kinerja untuk setiap operator. Selain itu, pihak perusahaan juga perlu melakukan pengendalian kualitas secara statistik pada proses produksi kaca untuk mengurangi jumlah produk cacat dan proses dalam keadaan terkendali.