

Pengendalian Kualitas Statistik Produk LNFL Tipe E di PT. X Menggunakan Peta Kendali *Generalized Variance* dan T^2 Hotelling

Adilia Rahmawati, Nazieha Taibatunniswah, Wibawati
Departemen Statistika, Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
e-mail: wibawati@statistika.its.ac.id

Abstrak—Berbagai sektor memengaruhi pertumbuhan ekonomi di Indonesia, salah satunya yakni perindustrian. Industri terbagi menjadi beberapa bagian, contohnya non migas. Sektor industri non migas menjadi salah satu sektor yang memberikan kontribusi cukup besar terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia sejak tahun 2009 sampai 2013. Salah satu barang hasil produksi industri non migas adalah kaca lembaran (*flat glass*). Menurut Kementerian Perindustrian, produksi kaca lembaran dipengaruhi oleh pertumbuhan industri properti dan otomotif. Dalam praktikum ini, dilakukan pengamatan terhadap produk LNFL tipe E di PT. X. PT. X merupakan produsen kaca lembaran di Indonesia yang mendistribusikan hasil produksinya hingga luar negeri. Agar hasil produksi yang didistribusikan memiliki kualitas yang baik, maka diperlukan adanya pengendalian kualitas produksi. Kualitas dapat dikendalikan menggunakan beberapa metode, contohnya yaitu *Generalized Variance* (GV) dan T^2 Hotelling. Kedua metode ini digunakan untuk memerhatikan dan mengendalikan adanya perbedaan hasil setiap produksi. Apabila rata-rata dan variabilitas prosesnya sudah terkendali secara statistik, maka menunjukkan bahwa kualitas hasil produksi sudah sesuai dengan yang diinginkan. Data produk LNFL Tipe E di PT. X telah memenuhi asumsi dependensi dan berdistribusi normal multivariat dengan bentuk data yang simetris dan varians yang besar. Kemudian, rata-rata dan variabilitas proses pada analisis fase I dan II telah terkendali secara statistik sehingga tidak ada lagi data produk LNFL Tipe E yang berada di luar batas kendali kualitas. Selain itu, proses produksi ketiga karakteristik kualitas dari produk LNFL tidak kapabel.

Kata Kunci— *Generalized Variance*, Kaca Lembaran, Pengendalian Kualitas, T^2 Hotelling

I. PENDAHULUAN

Perekonomian Indonesia tumbuh sebesar 5,17% di tahun 2018, lebih tinggi dibandingkan pertumbuhan tahun 2017 yang sebesar 5,07%. Pertumbuhan ekonomi nasional dipengaruhi oleh berbagai sektor, namun industri manufaktur dinilai oleh Kemenperin dapat menjadi penggerak utamanya karena sektor tersebut berperan penting dalam menciptakan nilai tambah, perolehan devisa, dan penyerapan tenaga kerja yang berpuncak pada peningkatan kesejahteraan masyarakat. Menurut Rencana Induk Pembangunan Nasional (RIPIN) Tahun 2015-2035, industri kaca menjadi sektor prioritas karena guna memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri, menjadi substitusi impor, dan mampu berdaya saing di kancah internasional [1].

Sektor industri non migas merupakan salah satu sektor yang mengalami pertumbuhan dari tahun ke tahun di Indonesia. Hal ini dapat dilihat dari kontribusi sektor tersebut terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia pada tahun 2009 hingga 2013 yang cenderung mengalami kenaikan [2]. Namun, industri nonmigas pada tahun 2018 mengalami perlambatan pertumbuhan yang cukup moderat, yaitu dari pertumbuhan sebesar 4,85% pada tahun 2017 menjadi

sebesar 4,77% pada tahun 2018 [1]. Kaca lembaran (*flat glass*) merupakan salah satu komoditi yang berpengaruh terhadap tingginya kontribusi tersebut dengan kapasitas produksi mencapai 1,45 juta ton pada tahun 2014. Kaca lembaran adalah produk setengah jadi yang dapat diolah menjadi berbagai produk, misalnya kaca bening (*clear float glass*), kaca berwarna (*tinted float glass*), dan cermin. Berdasarkan Kementerian Perindustrian, perkembangan industri kaca lembaran bergantung pada pertumbuhan industri otomotif dan properti. Sektor properti, baik perumahan maupun gedung komersil berkontribusi sebesar 75 persen dari total penjualan kaca lembaran, dan 25 persen sisanya dikonsumsi oleh sektor otomotif [1].

PT. X merupakan salah satu produsen kaca lembaran di Indonesia. Kaca yang dihasilkan tidak hanya dikonsumsi oleh masyarakat dalam negeri, namun juga diekspor ke kawasan Asia. Oleh karena itu, pengendalian kualitas produksi kaca sangat penting untuk diperhatikan. Metode yang digunakan dalam pengendalian kualitas beraneka ragam. Dalam praktikum ini, metode yang digunakan yaitu *Generalized Variance* (GV) dan T^2 Hotelling. Alasannya yaitu variabel yang terlibat dalam produksi kaca lembaran tidak hanya terdiri atas satu variabel (*multivariate*). Selain itu, diharapkan dari praktikum ini dapat menunjukkan seberapa besar rata-rata dan variabilitas proses dari produksi kaca lembaran, serta apakah produksi tersebut sudah berada di dalam batas kendali kualitas atau belum. Variabel yang digunakan dalam praktikum ini adalah variabel ketebalan kaca, kerataan permukaan kaca, dan zebra dari data produk LNFL Tipe E di PT. X. Tujuan dilakukannya praktikum ini adalah untuk mengetahui adanya rata-rata proses dan variabilitas proses dari produksi kaca lembaran di PT. X.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif adalah metode-metode yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyajian suatu gugus data sehingga memberikan informasi yang berguna. Dalam statistika deskriptif, terdapat dua jenis ukuran data yaitu ukuran pemusatan dan penyebaran data [3]. Ukuran pemusatan data yang digunakan yaitu rata-rata, median, nilai minimum dan maksimum serta ukuran penyebaran data yang digunakan yaitu varians.

1. Rata-Rata

Rata-rata atau sering disebut *mean* merupakan rasio dari total nilai pengamatan dengan banyaknya pengamatan [4]. Rata-rata merupakan suatu ukuran pemusatan data yang sering digunakan dalam mendeskripsikan suatu data. Nilai rata-rata dapat dihitung menggunakan Persamaan 1.

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

Keterangan :

\bar{x} = Nilai rata-rata

x_i = Data pengamatan ke- i dengan nilai $i = 1, 2, \dots, n$

n = Banyaknya pengamatan

2. Median

Median segugus data yang telah diurutkan dari yang terkecil sampai terbesar atau terbesar sampai terkecil adalah pengamatan yang tepat di tengah-tengah bila banyaknya pengamatan itu ganjil, atau rata-rata kedua pengamatan di tengah bila banyaknya pengamatan genap [3]. Rumus yang digunakan untuk menghitung median sebagai berikut.

Untuk n ganjil :

$$Me = \frac{x_{n+1}}{2} \quad (2)$$

Untuk n genap :

$$Me = \frac{\frac{x_n + x_{n+1}}{2}}{2} \quad (3)$$

Keterangan :

n = Banyaknya pengamatan

x_n = Data ke- n

3. Nilai Minimum dan Nilai Maksimum

Nilai minimum adalah nilai terkecil atau terendah dari sekelompok data pengamatan, sedangkan nilai maksimum adalah nilai terbesar atau tertinggi dari sekelompok data pengamatan [3].

4. Varians

Varians merupakan salah satu teknik statistik yang digunakan untuk menjelaskan homogenitas kelompok. Varians merupakan jumlah kuadrat semua deviasi nilai-nilai individual terhadap rata-rata kelompok [4]. Nilai varians dapat dihitung menggunakan Persamaan 4.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (4)$$

Keterangan :

S^2 = Varians

x_i = Data pengamatan ke- i dengan nilai $i = 1, 2, \dots, n$

\bar{x} = Nilai rata-rata

n = Banyak pengamatan

B. Uji Dependensi

Variabel X_1, X_2, \dots, X_p dikatakan bersifat saling bebas (*independent*) jika matriks korelasi antar variabel membentuk matriks identitas. Sehingga untuk menguji kebebasan antar variabel dapat dilakukan dengan uji *Bartlett* dengan hipotesis sebagai berikut [5].

Hipotesis :

H_0 : Variabel independen

H_1 : Variabel dependen

Statistik uji :

$$\chi^2_{hitung} = -\ln |\mathbf{R}| \left[n-1 - \frac{2p+5}{6} \right] \quad (5)$$

\mathbf{R} adalah matriks korelasi antar variabel yang dinyatakan pada Persamaan 6 sebagai berikut.

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & \dots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

dengan

$$r_{jk} = \frac{1}{p-1} \sum_{r=1}^p \left(\frac{x_{jr} - \bar{x}_j}{\sqrt{S_{jj}}} \right) \left(\frac{x_{kr} - \bar{x}_k}{\sqrt{S_{kk}}} \right) \quad (7)$$

Keterangan :

r_{jk} = Nilai korelasi antar variabel

x_{ijk} = Nilai pengamatan ke- i , karakteristik kualitas ke- j , subgrup ke- k

i = Anggota subgrup ke- i , $i = 1, 2, \dots, n$

k = Subgrup ke- k , $k = 1, 2, \dots, n$

j = Variabel ke- j , $j = 1, 2, \dots, n$

n = Jumlah sampel tiap subgrup

m = Jumlah subgrup

p = Banyaknya variabel

\mathbf{R} = Matriks korelasi dari masing-masing variabel

Tolak H_0 jika $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{\alpha, \frac{1}{2}p(p-1)}$ dan $p\text{-value} < \alpha$.

C. Uji Distribusi Normal Multivariat

Asumsi sampel yang harus dipenuhi untuk melakukan pengendalian kualitas menggunakan grafik kendali multivariat adalah sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal multivariat. Pengujian distribusi normal multivariat menggunakan hipotesis sebagai berikut.

H_0 : Berdistribusi normal multivariat

H_1 : Tidak berdistribusi normal multivariat

Pemeriksaan distribusi normal multivariat dapat dilakukan dengan pengujian *Shapiro Wilk*. Tahap awal yang perlu dilakukan adalah menghitung statistik uji *Shapiro Wilk* secara univariat menggunakan rumus W_k dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Mengurutkan data pengamatan $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$

2. Menghitung nilai S^2 dengan Persamaan 8.

$$S^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \quad (8)$$

3. (a) Jika n genap, $m=n/2$, maka

$$b = \sum_{i=1}^m a_{n-i+1} (x_{n-i+1} - x_{ik}) \quad (9)$$

(b) Jika n ganjil, $m=(n-1)/2$, maka

$$b = a_n (x_n - x_1) + \dots + a_{m+2} (x_{m+2} - x_m) \quad (10)$$

dimana x_{m+1} adalah median dan nilai a merupakan koefisien tabel *normality test*

4. Menghitung nilai W dengan Persamaan 11.

$$W_k = \frac{b^2}{s^2} \quad (11)$$

Tahap selanjutnya adalah menghitung statistik uji secara multivariat W^* dengan Persamaan 12.

$$W^* = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p W_k \quad (12)$$

Atau sama dengan rata-rata nilai statistik uji secara univariat dari beberapa variabel karakteristik kualitas.

Dengan menggunakan taraf signifikansi α , nilai $W^* > C_{\alpha, n, p}$ dimana $C_{\alpha, n, p}$ merupakan nilai quantil statistik *Shapiro Wilk* atau $p\text{-value} > \alpha$ maka gagal tolak H_0 atau dapat

dikatakan sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal multivariat [6].

D. Peta Kendali Generalized Variance

Pengendalian kualitas terhadap variabilitas proses sangat penting dilakukan, untuk mengetahui proses produksi terkendali atau tidak. Peta kendali *Generalized Variance* digunakan untuk pengendalian variabilitas proses. Variabilitas proses dinyatakan sebagai matrik kovarian Σ berukuran $p \times p$. Diagonal utama dari matrik ini adalah variansi dari variabel proses secara individual dan data selain diagonal utama adalah kovarian. Biasanya matrik varian kovarian Σ ditaksir oleh matrik varian kovarian S berdasarkan analisis sampel pendahuluan. Metode yang digunakan untuk peta kendali *Generalized Variance* dapat ditulis dengan $|S|$. Nilai plot pengamatan peta kendali *Generalized Variance* adalah sebagai berikut [7].

$$W_i = -pn + pn \ln(n) - n(\ln(|A_i|/|\Sigma|) + \text{tr}(\Sigma^{-1} A_i)) \quad (13)$$

dimana $A_i = (n-1)S_i$, S_i adalah matriks varians-kovarians pada sampel ke- i . Dengan menggunakan rata-rata $E|S|$ dan varians $V|S|$ sebagai berikut.

$$E(|S|) = b_1 |\Sigma| \quad (14)$$

$$V(|S|) = b_2 |\Sigma|^2 \quad (15)$$

dimana

$$b_1 = \frac{1}{(n-1)^p} \prod_{i=1}^p (n-i) \quad (16)$$

$$b_2 = \frac{1}{(n-1)^{2p}} \prod_{i=1}^p (n-i) \left[\prod_{j=1}^p (n-j+2) - \prod_{j=1}^p (n-j) \right] \quad (17)$$

Nilai $|\Sigma|$ dapat ditaksir dengan $|S|/b_1$ sehingga batas kendali dari peta kendali *generalized variace* dapat ditulis pada Persamaan 14.

$$\begin{aligned} BKA &= \frac{|S|}{b_1} (b_1 + 3b_2^{1/2}) \\ GT &= b_1 \left(\frac{|S|}{b_1} \right) = |S| \\ BKB &= \frac{|S|}{b_1} (b_1 - 3b_2^{1/2}) \end{aligned} \quad (18)$$

Batas kendali bawah akan bernilai nol jika hasil perhitungan yang didapat bernilai negatif. Proses dikatakan tidak terkendali jika plot-plot statistik $|S|$ dari masing-masing subgrup berada di luar batas kendali.

E. Peta Kendali T^2 Hotelling

Peta kendali T^2 Hotelling merupakan peta kendali multivariat yang digunakan untuk mengendalikan suatu proses ketika variabel yang diamati lebih dari satu jenis dan saling berhubungan yang memiliki distribusi multivariat normal [7]. Dalam melakukan analisis untuk sampel berukuran n yang dilakukan dengan asumsi bahwa proses sudah terkendali dengan nilai μ dan Σ yang perlu diestimasi karena nilainya tidak diketahui. Rata-rata dan varians dari setiap sampel dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\bar{x}_{jk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ijk} \quad \begin{cases} j = 1, 2, \dots, p \\ k = 1, 2, \dots, m \end{cases} \quad (19)$$

$$s_{jk}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{jk})^2 \quad \begin{cases} j = 1, 2, \dots, p \\ k = 1, 2, \dots, m \end{cases} \quad (20)$$

dimana x_{ijk} adalah pengamatan ke- i , karakteristik kualitas ke- j , dan sampel ke- k . Kovarians antara karakteristik kualitas j dan karakteristik kualitas ke h dengan sampel k adalah sebagai berikut.

$$s_{jkh} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{jk})(x_{ihk} - \bar{x}_{hk}) \quad \begin{cases} k = 1, 2, \dots, m \\ j \neq h \end{cases} \quad (21)$$

Nilai statistik dari \bar{x}_{jk} , s_{jk}^2 , dan s_{jkh} semua sampel ke- m ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$\bar{\bar{x}}_j = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \bar{x}_{jk} \quad j = 1, 2, \dots, p \quad (22)$$

$$\bar{s}_j^2 = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m s_{jk}^2 \quad j = 1, 2, \dots, p \quad (23)$$

$$\bar{s}_{jh} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m s_{jkh} \quad j \neq h \quad (24)$$

Diperoleh matriks kovarians S dari rata-rata sampel berukuran $p \times p$ sebagai berikut.

$$S = \begin{bmatrix} \bar{s}_1^2 & \bar{s}_{12} & \bar{s}_{13} & \cdots & \bar{s}_{1p} \\ & \bar{s}_2^2 & \bar{s}_{23} & \cdots & \bar{s}_{2p} \\ & & \bar{s}_3^2 & \cdots & \bar{s}_{3p} \\ & & & \ddots & \vdots \\ & & & & \bar{s}_p^2 \end{bmatrix} \quad (25)$$

Sehingga diperoleh Persamaan 22 yang merupakan persamaan peta kendali T^2 Hotelling.

$$T^2 = n(\bar{\mathbf{x}} - \bar{\bar{\mathbf{x}}})' \mathbf{S}^{-1} (\bar{\mathbf{x}} - \bar{\bar{\mathbf{x}}}) \quad (26)$$

Pada analisis menggunakan peta kendali T^2 Hotelling terdapat dua fase. Fase I digunakan untuk memperoleh pengamatan yang berada dalam batas kendali sehingga batas kendali pada fase I dapat digunakan untuk fase II yang digunakan untuk mengontrol produksi dimasa depan berdasarkan data pada periode selanjutnya. Batas kendali untuk peta kendali T^2 Hotelling pada fase I ditunjukkan pada Persamaan 23.

$$BKA = \frac{p(m-1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{\alpha, p, mn-m-p+1} \quad (27)$$

$$BKB = 0$$

Batas kendali peta T^2 Hotelling pada fase II berdasarkan fase I ditunjukkan pada Persamaan 24.

$$BKA = \frac{p(m+1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{\alpha, p, mn-m-p+1} \quad (28)$$

$$BKB = 0$$

Keterangan :

n = Banyaknya sampel tiap subgrup

m = Jumlah subgrup

p = Banyaknya karakteristik kualitas (variabel)

Variabel penyebab terjadinya *out of control* sangat penting dilakukan karena tujuan dari peta kendali adalah melakukan perbaikan proses dengan rumus sebagai berikut [7].

$$d_i = T^2 - T_{(i)}^2, \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (29)$$

Keterangan:

T^2 = Nilai statistik dari semua variabel berdistribusi $\chi^2_{\alpha,p}$
 $T^2_{(i)}$ = Nilai statistik T^2 tanpa mengikutkan variabel ke- i

Keputusannya yaitu apabila nilai $d_i > \chi^2_{\alpha,1}$ maka variabel ke- i adalah penyebab *out of control*.

F. Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses merupakan suatu pengukuran yang digunakan untuk mengevaluasi keseluruhan proses. Jika asumsi peta kendali dalam keadaan terkendali dan data berdistribusi multivariat normal telah terpenuhi, maka nilai indeks kapabilitas proses (C_p) multivariat dapat dihitung menggunakan metode *weighting average* [8]. Berikut adalah persamaan untuk menghitung MPCIs (indeks kapabilitas multivariat).

$$MC_p = \sum_{k=1}^p W_k C_p(x_k) \quad (30)$$

$$MC_{pk} = \sum_{k=1}^p W_k C_{pk}(x_k) \quad (31)$$

Dimana MC_p , MC_{pk} berturut-turut merupakan bentuk C_p , C_{pk} dalam keadaan multivariat dengan W_k merupakan pembobot berdasarkan kepentingan dengan $\sum_{k=1}^p W_k = 1$. Dengan rumus indeks kapabilitas secara univariat adalah sebagai berikut.

$$C_p = \frac{BKA - BKB}{6\sigma} \quad (32)$$

$$C_{pk} = \min \left\{ \left(\frac{BKA - \bar{x}}{3\sigma} \right), \left(\frac{\bar{x} - BKB}{3\sigma} \right) \right\} \quad (33)$$

Kriteria penilaian indeks C_p dan C_{pk} yaitu sebagai berikut.

1. Jika nilai indeks C_p dan $C_{pk} < 1$ maka proses tidak kapabel.
2. Jika nilai indeks $1 < C_p$ dan $C_{pk} < 1,33$ maka proses hampir sesuai dengan spesifikasi.
3. Jika nilai indeks C_p dan $C_{pk} > 1,33$ maka proses kapabel.

G. Produk LNFL

PT. X merupakan salah satu produsen kaca lembaran di Indonesia. PT. X memproduksi *flat glass* dengan dua jenis kaca, yaitu kaca *glazing* dan *automotive*. Kaca *Automotive* terdiri dari dua macam, yaitu kaca *tempered* dan *laminated*. Salah satu jenis kaca *laminated* yang paling banyak diproduksi oleh PT. X adalah LNFL 2 mm. Kode L memiliki arti *Light*, N adalah kode warna *Green*, FL berarti *clear float glass*, dan 2 mm merupakan ketebalan kacanya. PT. X memproduksi kaca produk LNFL tipe Dalam Negeri yang selanjutnya disebut dengan tipe DN dan Ekspor yang selanjutnya disebut dengan tipe E [9].

Karakteristik variabel yang diukur pada produk LNFL pada PT. X antara lain sebagai berikut.

a. Ketebalan Kaca (X_1)

Kaca lembaran harus memiliki ketebalan yang sama pada setiap sisinya. Satuan yang digunakan adalah millimeter (mm) dan diukur dengan *micrometer* yang memiliki akurasi 0,01 mm. Standar ketebalan untuk LNFL 1,93 - 2,15 mm.

b. Kerataan Permukaan Kaca (X_2)

Kerataan permukaan memiliki spesifikasi 0-0,06 mm dan diukur menggunakan *flatness table* dan *taper gauge*.

c. Zebra (X_3)

Zebra atau distorsi adalah gangguan pandangan jarak dan sudut tertentu yang diukur dengan *slanting gauge* dengan spesifikasi 45°-55°.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari buku Tugas Akhir (TA) mahasiswa departemen Statistika ITS angkatan 2012 atas nama Niken Dwi Larasati (1312100109) dengan judul “Pengendalian Kualitas Proses Produksi Kaca Lembaran Jenis *Laminated* di PT. X dengan Metode *Six Sigma*”. Pengambilan data dilakukan pada :

Hari : Rabu, 20 November 2019

Alamat web : <https://repository.its.ac.id/>

B. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu variabel ketebalan kaca, kerataan permukaan kaca, dan zebra yang merupakan variabel dari data produk LNFL tipe E di PT. X. Ketiga variabel tersebut memiliki batas spesifikasi sebagai standar pengukuran sebagai berikut.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Nama Variabel	Batas Spesifikasi
Ketebalan kaca (X_1)	1,93 – 2,15 mm
Kerataan Permukaan Kaca (X_2)	0 – 0,06 mm
Zebra (X_3)	45° – 55°

Data sampel yang diambil berupa sampel subgroup sebanyak 25 dan ukuran setiap subgroup sebesar 6 untuk fase I dan untuk fase II menggunakan sampel subgroup sebanyak 10 dan ukuran setiap subgroup sebesar 6.

C. Langkah Analisis

Langkah-langkah analisis dalam pembuatan laporan praktikum ini adalah sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi permasalahan dan tujuan penelitian.
2. Melakukan pengujian dependensi pada data yang digunakan. Asumsi ini harus terpenuhi. Jika tidak, dilakukan pencarian data kembali hingga memenuhi asumsi dependen.
3. Melakukan uji normal multivariat. Jika tidak terpenuhi, data diasumsikan normal.
4. Membuat peta kendali *Generalized Variance (GV)* fase I. Apabila terdapat data yang *out of control*, maka dilakukan penghapusan data yang teridentifikasi *out of control* dan data yang *out of control* terjauh. Proses ini hanya dapat dilakukan dua kali.
5. Membuat peta kendali T^2 *Hotelling* fase I. Apabila terdapat data yang *out of control*, maka dilakukan identifikasi penyebabnya. Apabila dikarenakan penyebab khusus maka lanjutkan dengan menghapus data yang teridentifikasi *out of control* dan data yang *out of control* terjauh. Proses ini hanya dapat dilakukan dua kali.
6. Membuat peta kendali *Generalized Variance (GV)* fase II. Apabila terdapat data yang *out of control*, maka dilakukan penghapusan data yang teridentifikasi *out of control* dan data yang *out of control* terjauh. Proses ini hanya dapat dilakukan dua kali.
7. Membuat peta kendali T^2 *Hotelling* fase II. Apabila terdapat data yang *out of control*, maka dilakukan identifikasi penyebabnya. Apabila dikarenakan penyebab khusus maka lanjutkan dengan menghapus data yang teridentifikasi *out of control* dan data yang *out of control* terjauh. Proses ini hanya dapat dilakukan dua kali.

8. Melakukan interpretasi hasil analisis dari rata-rata dan variabilitas proses.
9. Menarik kesimpulan dari hasil analisis dan pembahasan.

IV. PEMBAHASAN

A. Karakteristik Data

Data yang digunakan dalam praktikum ini adalah data pengamatan sebanyak 25 sampel untuk fase I dan 10 sampel untuk fase II pada proses produksi produk LNFL Tipe E di PT. X dengan tiga variabel yang terlibat di dalamnya yaitu ketebalan kaca, kerataan permukaan kaca, dan zebra atau distorsi. Salah satu cara untuk mengetahui karakteristik data dapat dilakukan dengan menggunakan statistika deskriptif. Penyajian statistika deskriptif dari data produk LNFL tipe E di PT. X untuk analisis fase I adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Statistika Deskriptif Fase I

Koefisien	Ketebalan	Kerataan	Zebra
Mean	2,0231	0,04247	52,512
Varians	0,00040	0,00036	2,097
Minimum	1,9800	0,0000	47,750
Median	2,0200	0,0400	52,375
Maximum	2,0800	0,1000	55,750

Berdasarkan data yang didapat pada Tabel 2 maka dapat diketahui bahwa rata-rata dan nilai median yang didapat dari setiap variabel memiliki selisih yang kecil sehingga data tersebut berbentuk simetris. Kemudian, apabila dibandingkan dengan batas spesifikasinya, maka dapat dikatakan nilai mean masih berada dalam rentang batas spesifikasinya. Sedangkan untuk nilai variansnya, dari ketiga variabel yang memiliki variansi paling besar adalah zebra artinya data pada variabel zebra memiliki keragaman yang sangat besar.

Selain itu, dilakukan penyajian statistika deskriptif pada analisis fase dua agar diketahui karakteristik data yang digunakan pada analisis fase dua. Berikut merupakan penyajian statistika deskriptif dari data produk LNFL tipe E di PT. X untuk analisis fase II.

Tabel 3. Statistika Deskriptif Fase II

Koefisien	Ketebalan	Kerataan	Zebra
Mean	2,0267	0,04333	52,258
Varians	0,00018	0,00044	1,536
Minimum	1,9900	0,0100	50,000
Median	2,0300	0,0400	52,250
Maximum	2,0500	0,1000	55,750

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai *mean* ketiga variabel masih berada dalam rentang batas spesifikasi. Kemudian, rata-rata dan median dari data tersebut mengindikasikan bahwa data tersebut hampir berbentuk simetris karena memiliki selisih yang cukup kecil. Selain itu, keragaman data dari ketiga variabel yang paling besar diraih oleh variabel zebra.

B. Uji Dependensi

Uji dependensi untuk mengetahui hubungan antar variabel menggunakan metode uji *Bartlett* pada produk LNFL tipe E ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Uji *Bartlett* Produk LNFL Tipe E

Fase	<i>p-value</i>
I	0,01817
II	0,00045

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai *p-value* untuk fase I ialah sebesar 0,01817, sehingga dapat disimpulkan tolak H_0 karena nilai *p-value* ($0,01817 < \alpha (0,05)$). Diperoleh juga nilai *p-value* untuk fase II sebesar 0,00045, sehingga diperoleh

keputusan tolak H_0 karena nilai *p-value* ($0,00045 < \alpha (0,05)$). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa variabel ketebalan kaca, kerataan permukaan kaca, dan zebra pada produk LNFL tipe E di PT.X untuk fase I dan fase II memiliki hubungan atau variabel dependen.

C. Uji Normal Multivariat

Uji normal multivariat pada produk LNFL tipe E ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Uji Normal Multivariat Produk LNFL Tipe E

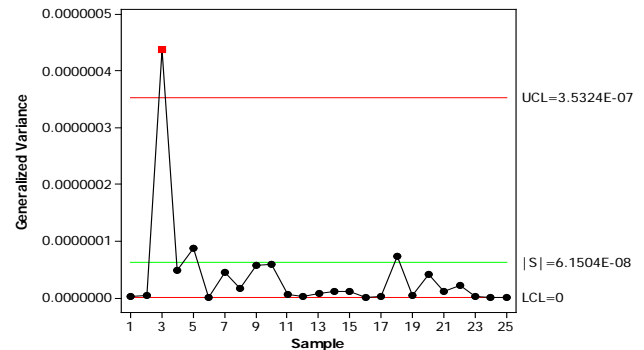
Fase	<i>p-value</i>
I	0,00055
II	0,09846

Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai *p-value* untuk fase I sebesar 0,00055, dengan taraf signifikan sebesar 0,05 diperoleh keputusan tolak H_0 karena nilai *p-value* $< \alpha$. dan nilai *p-value* untuk fase II sebesar 0,09846. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa produk LNFL tipe E untuk fase I tidak berdistribusi normal multivariat dan akan diasumsikan bahwa data berdistribusi normal multivariat sehingga bisa digunakan untuk ke tahap selanjutnya.

Tabel 5 juga menunjukkan bahwa nilai *p-value* untuk fase II sebesar 0,09846, diperoleh keputusan gagal tolak H_0 karena nilai *p-value* ($0,09846 > \alpha (0,05)$). Sehingga, dapat disimpulkan bahwa produk LNFL tipe E untuk fase II berdistribusi normal multivariat.

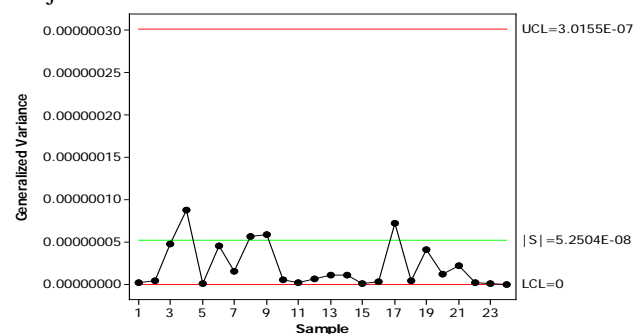
D. Peta Kendali Generalized Variance Fase I

Analisis pertama yang dilakukan pada data produk LNFL fase I di PT. X adalah analisis menggunakan peta kendali *Generalized Variance (GV)*. Berikut merupakan visualisasi dari analisis peta kendali *GV*.



Gambar 1. Peta Kendali *Generalized Variance (GV)* Fase I

Informasi yang dapat diperoleh dari Gambar 1 di atas ialah terdapat data yang *out of control* pada pengamatan ke-3 dengan nilai determinan kovariansi sebesar 6,15. Artinya, variabilitas proses produksi produk LNFL Tipe E di PT. X belum semuanya berada dalam rentang standar kualitas. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan dengan menghapus data yang *out of control* (data ke-3). Hasil dari perbaikan tersebut ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Perbaikan Peta Kendali *Generalized Variance (GV)* Fase I

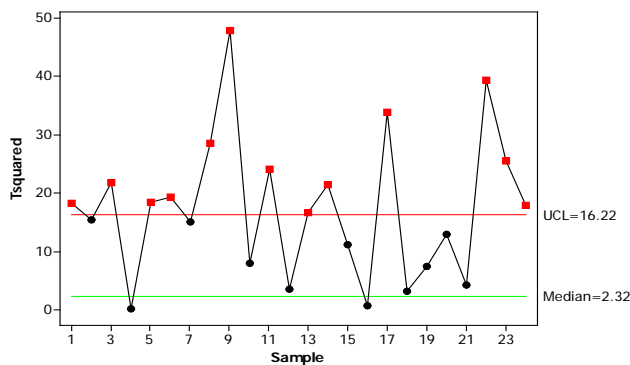
Gambar 2 mengindikasikan bahwa variabilitas proses produksi produk LNFL tipe E fase I di PT. X sudah terkendali secara statistik dengan ditandai tidak adanya data yang di luar batas kendali. Selain itu, perbaikan GV tersebut menghasilkan matriks kovariansi sebagai berikut.

$$S = \begin{bmatrix} 0,0001785 & -0,0000010 & -0,000421 \\ -0,0000010 & 0,0002210 & -0,00035 \\ 0,0004201 & -0,0003542 & 1,33290 \end{bmatrix}$$

Sehingga nilai determinan kovariansi yang dihasilkan pada grafik perbaikan tersebut sebesar 5,25. Dengan demikian, langkah analisis data fase I dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya yaitu analisis menggunakan T^2 Hotelling.

E. Peta Kendali T^2 Hotelling Fase I

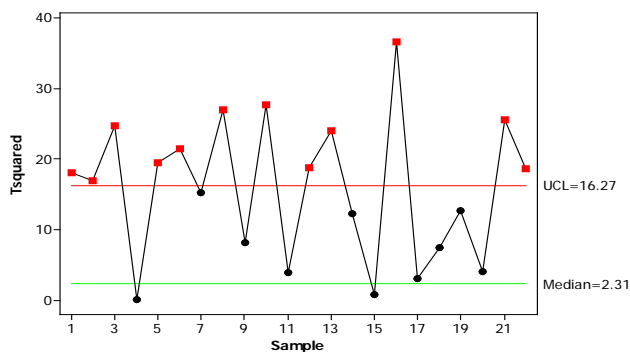
Analisis peta kendali GV fase I yang sudah terkendali secara statistik dilanjutkan ke proses berikutnya yakni analisis menggunakan T^2 Hotelling. Tabel 3 merupakan hasil penyajian dari analisis T^2 Hotelling fase I.



Gambar 3. Peta Kendali T^2 Hotelling Fase I

Gambar 3 dapat dilihat bahwa terdapat 13 data yang *out of control*, artinya rata-rata proses produksi produk LNFL Tipe E di PT. X belum terkendali secara statistik sehingga diperlukan adanya perbaikan dengan menganalisis faktor yang memengaruhi menggunakan dekomposisi dan melakukan penghapusan data yang *out of control* yang terjauh yakni data ke-9. Penghapusan dilakukan pada data *out of control* agar harapannya dari penghapusan tersebut dapat menghasilkan peta kendali yang sudah terkendali secara statistik. Hasil perhitungan dekomposisi dari 13 data yang *out of control* dicantumkan dalam lampiran 7.

Perhitungan dekomposisi dari data ke-9 yakni d_1 sebesar 33,87682; d_2 sebesar 13,77837; dan d_3 sebesar 0,283915 dengan nilai *chi-square* sebesar 3,841459 didapatkan kesimpulan bahwa nilai d_1 dan d_2 lebih besar dibandingkan nilai *chi-square* yang berarti penyebab terjadinya *out of control* adalah variabel ketebalan (X_1) dan kerataan (X_2). Peta kendali T^2 Hotelling dilakukan penghapusan data *out of control* terjauh sebanyak dua kali. Perbaikan terakhir dari peta kendali T^2 Hotelling ditampilkan sebagai berikut.



Gambar 4. Perbaikan Peta Kendali T^2 Hotelling Fase I Iterasi Kedua

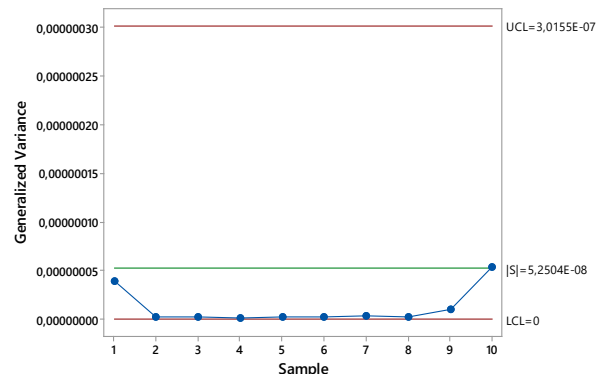
Dari Gambar 4 diketahui bahwa masih terdapat 12 data yang mengalami *out of control* dengan data *out of control* terjauh adalah data ke-16. Untuk mengetahui faktor penyebab terjadinya *out of control*, maka dilakukan perhitungan dekomposisi dan didapatkan hasil yakni nilai d_1 sebesar 12,70863; d_2 sebesar 8,405128; d_3 sebesar 17,68067. Dari perhitungan dekomposisi tersebut dapat disimpulkan bahwa penyebab terjadinya *out of control* adalah variabel ketebalan (X_1), kerataan (X_2), dan zebra (X_3) ditandai dengan nilai ketiga dekomposisi tersebut lebih besar daripada nilai *chi-square* sebesar 3,841459. Akan tetapi dalam praktikum ini apabila perbaikan sudah mencapai iterasi kedua, data diasumsikan sudah terkendali secara statistik. Kemudian nilai matriks kovariansi yang didapat dari perbaikan peta kendali iterasi kedua disajikan sebagai berikut.

$$S = \begin{bmatrix} 0,0001812 & -0,0000109 & -0,00036 \\ -0,0000109 & 0,0002117 & -0,00025 \\ -0,0003561 & -0,0002462 & 1,20398 \end{bmatrix}$$

Hasil determinan dari matriks kovariansi tersebut yaitu 4,6. Selain itu, kesimpulan yang didapatkan yaitu rata-rata masing-masing variabel pada data produk LNFL tipe E di PT. X yakni sebesar 2,02318; 0,0423485; dan 52,4508.

F. Peta Kendali Generalized Variance Fase II

Peta kendali *Generalized Variance* merupakan peta kendali yang digunakan untuk pengendalian variabilitas proses dengan data produk LNFL tipe E pada fase II. Matriks kovarians yang digunakan pada peta kendali *Generalized Variance* fase II didapatkan dari hasil peta kendali *Generalized Variance* fase I. Peta kendali *Generalized Variance* fase II dapat dilihat pada Gambar 6.

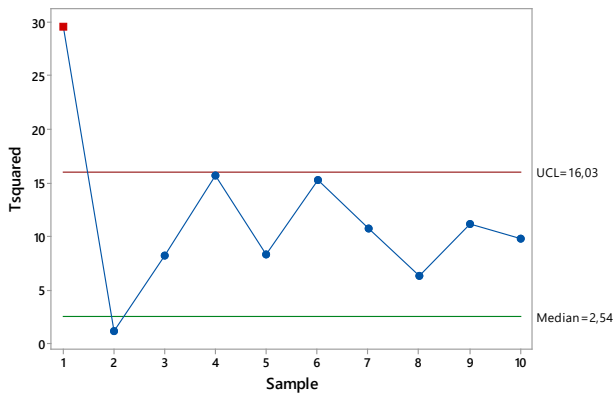


Gambar 5. Peta Kendali *Generalized Variance* Produk LNFL Tipe E

Gambar 5 diperoleh informasi bahwa tidak terdapat pengamatan yang di luar batas kendali atas. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa varians proses produksi LNFL tipe E di PT. X telah terkendali secara statistik.

G. Peta Kendali T^2 Hotelling Fase II

Setelah dilakukan pengendalian varians proses dan telah terkendali secara statistik, maka selanjutnya dilakukan pengendalian terhadap rata-rata proses menggunakan peta kendali T^2 Hotelling. Matriks kovarians dan rata-rata yang digunakan pada peta kendali T^2 Hotelling fase II didapatkan dari hasil peta kendali T^2 Hotelling fase I. Peta kendali T^2 Hotelling fase II dapat dilihat pada Gambar 7.

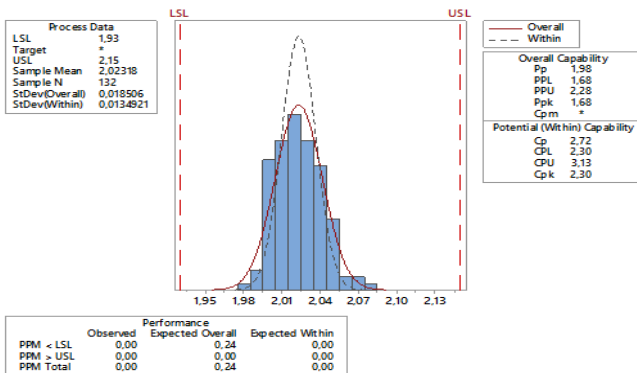


Gambar 6. Peta Kendali T^2 Hotelling Produk LNFL Tipe E

Informasi yang didapatkan dari Gambar 6 adalah peta kendali T^2 Hotelling belum terkendali secara statistik karena terdapat satu titik pengamatan yang berada di luar batas kendali atas peta. Hal tersebut mengindikasikan bahwa rata-rata proses produksi LNFL tipe E belum terkendali secara statistik.

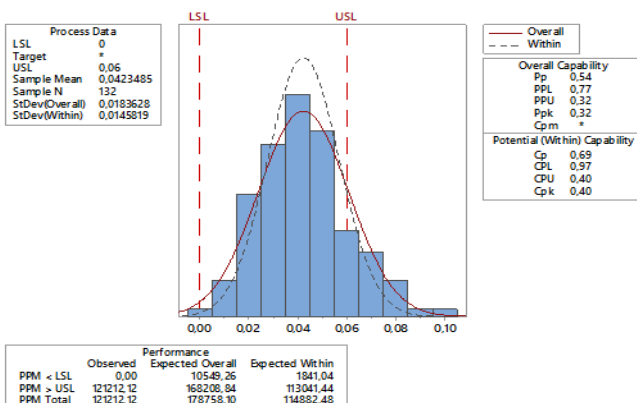
H. Analisis Kapabilitas Proses

Analisis kapabilitas proses berguna untuk melihat proses produksi LNFL tipe E kapabel atau tidak. Berikut ini adalah kapabilitas proses untuk setiap variabel dan kapabilitas proses gabungan dari variabel pada data yang digunakan untuk melihat proses tersebut sudah terkendali atau tidak.



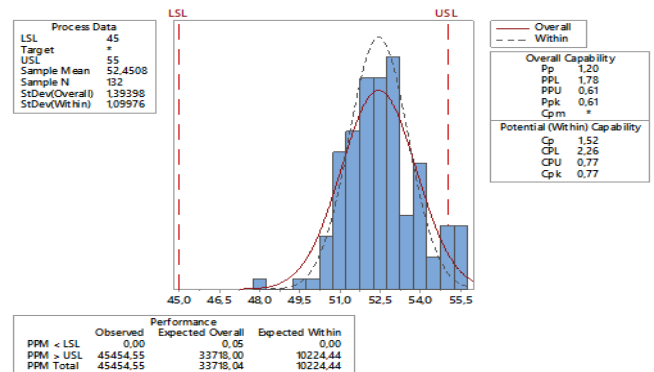
Gambar 7. Hasil Analisis Kapabilitas Proses Variabel Ketebalan Kaca

Gambar 7 dengan batas spesifikasi yang ditentukan untuk ketebalan kaca adalah 1,93-2,15 mm, diperoleh nilai Pp sebesar 1,98 dan nilai Ppk sebesar 1,68. Nilai Pp bernilai lebih dari 1 maka variabel ketebalan kaca kapabel dalam presisi, begitu pula pada nilai Ppk yang lebih dari 1 sehingga variabel ketebalan kaca kapabel dalam presisi dan akurasi. Dapat disimpulkan bahwa proses produksi LNFL tipe E untuk variabel ketebalan kaca kapabel.



Gambar 8. Hasil Analisis Kapabilitas Proses Variabel Kerataan Permukaan Kaca

Gambar 8 dengan batas spesifikasi yang ditentukan untuk kerataan permukaan kaca adalah 0-0,06 mm, didapatkan informasi bahwa Pp sebesar 0,54 bernilai kurang dari 1 dan Ppk sebesar 0,32 bernilai kurang dari 1. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa proses produksi LNFL tipe E untuk variabel kerataan permukaan kaca tidak kapabel dalam presisi dan akurasi.



Gambar 9. Hasil Analisis Kapabilitas Proses Variabel Zebra

Gambar 9 dengan batas spesifikasi yang ditentukan untuk zebra adalah 45⁰-55⁰, didapatkan nilai Pp sebesar 1,2 yang berada di rentang 1-1,33, sehingga proses produksi LNFL tipe E untuk variabel zebra hampir memenuhi batas spesifikasi yang ditentukan. Didapatkan juga Ppk sebesar 0,61 yang bernilai kurang dari 1, artinya proses produksi LNFL tipe E untuk variabel zebra tidak kapabel.

Kapabilitas proses untuk setiap variabel sudah didapatkan, sehingga dilakukan analisis kapabilitas proses multivariat yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisis Kapabilitas Proses Multivariat

Variabel	Bobot	MPp	MPpk
Ketebalan kaca	0,333		
Kerataan permukaan kaca	0,333	1,24	0,87
Zebra	0,333		

Tabel 6 diperoleh nilai MPp sebesar 1,24 yang bernilai lebih dari 1 sehingga ketiga variabel memberikan hasil yang kapabel dalam presisi. Diketahui juga nilai $MPpk$ sebesar 0,87 yang bernilai kurang dari 1 sehingga ketiga variabel memberikan hasil yang tidak kapabel dalam presisi dan akurasi.

V. PENUTUP

Kesimpulan yang didapatkan dari praktikum produk LNFL tipe E di PT. X adalah data tersebut berbentuk simetris dan memiliki variansi yang sangat besar. Selain itu, rata-rata data masih berada dalam rentang batas spesifikasi. Data telah memenuhi asumsi dependensi dan distribusi normal multivariat. Variabilitas proses fase I pada produk LNFL tipe E di PT. X sudah terkendali secara statistik dengan penghapusan sebanyak satu kali. Rata-rata proses fase I pada produk LNFL tipe E di PT. X belum terkendali secara statistik. Namun, pada praktikum ini diasumsikan sudah terkendali secara statistik karena sudah dilakukan penghapusan sebanyak dua kali. Variabilitas proses dan rata-rata proses produk LNFL tipe E fase II, telah terkendali secara statistik. Proses produksi LNFL tipe E untuk variabel ketebalan kaca kapabel, untuk variabel kerataan permukaan kaca tidak kapabel, untuk variabel zebra tidak kapabel, dan untuk ketiga variabel juga tidak kapabel.

Saran yang dapat diberikan setelah melaksanakan praktikum ini adalah agar untuk kedepannya pengambilan

sampel disesuaikan dengan kondisi proses produksi untuk mempermudah proses monitoring apabila terjadi kondisi *out of control*. Selain itu, untuk PT. X agar lebih memperhatikan proses produksi LNFL tipe E untuk variabel ketebalan kaca agar kesalahan dalam bentuk apapun dapat diminimalisir sehingga kaca lembaran yang diproduksi dapat sesuai dengan spesifikasi yang perusahaan inginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kemenperin. (2019). Kementerian Perindustrian Republik Indonesia di <https://kemenperin.go.id/> (di akses 22 November)
- [2] Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. (2015). *Data Perekonomian Indonesia 2015*. (diakses pada 22 November)
- [3] Walpole, R. (1995). *Pengantar Statistika Edisi ke-3*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- [4] Nugroho, S. (2008). *Dasar-Dasar Metode Statistika*. Jakarta: Grassindo.
- [5] Morrison, D. F. (1990). *Multivariate Statistical Methods Third Edition*. USA: Mc Graw Hill Inc.
- [6] Alva, J. A. V. & Estrada, E. G. 2009. *A Generalization of Shapiro-Wilk's Test for Multivariate Normality*. Communications in Statistics – Theory and Methods. Vol. 38. No. 11. Page 1870-1883.
- [7] Montgomery, D. C. (2013). *Introduction Statistical Quality Control Seventh Edition*. John Wiley & Sons, Inc
- [8] Raissi, S. (2009). Multivariate Process Capability Indices on the Presence of Priority for Quality Characteristics. *Journal Of Industrial Engineering International*, 27-36.
- [9] Larasati, N. D. (2016). *Pengendalian Kualitas Proses Produksi Kaca Lembaran Jenis Laminated di PT. X dengan Metode Six Sigma*. Laporan Tugas Akhir Statistika ITS : Surabaya

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Produk LNFL Tipe E Fase I

Subgrup	X ₁	X ₂	X ₃
1	2	0,04	54,25
	2	0,04	51,75
	2	0,03	51,25
	2	0,04	51,5
	1,99	0,05	52,5
	2,01	0,05	52,75
2	2,02	0,04	53,75
	2,06	0,01	53
	2,03	0,03	53,75
	2,03	0,03	52,75
	2,03	0,04	55,5
	2,03	0,02	53,75
3	2,01	0,02	55,5
	2,01	0,01	54,5
	2,05	0,03	52,75
	2,02	0,07	53,5
	2,01	0,05	50,25
	2,02	0,04	50
4	2,04	0,05	50,75
	2,03	0,04	53,5
	2,05	0,03	55,25
	2,04	0,08	54,25
	2,04	0,08	53
	2,04	0,09	52,75
5	2,04	0,08	50,75
	2,03	0,05	50,75
	2,05	0,04	54,75
	2,02	0,04	54
	2	0,02	52
	2,01	0,03	52,25
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
23	2	0,03	52,5
	1,98	0,04	54
	2	0,02	55,75
	2	0,02	54,75
	1,99	0,03	51
	1,99	0,03	52
24	1,98	0,03	52,75
	2	0,03	53
	2	0,03	51,75
	2	0,03	52,25
	2	0,04	53
	2	0,05	52,25
25	2	0,03	52,5
	2	0,03	52,75
	2,01	0,02	52,25
	2,01	0,02	52
	2,01	0,04	52,75
	2,01	0,01	52,75

Lampiran 2. Data Produk LNFL Tipe E Fase II

Subgrup	X ₁	X ₂	X ₃
1	2,03	0,08	50
	2,02	0,1	51,75
	2,04	0,08	55,75
	2,03	0,09	52,75
	2,03	0,05	51,5
	2,03	0,04	52,75
2	2,02	0,04	53,25
	2,02	0,04	52,25
	2	0,04	53
	2,01	0,04	52,75
	2,04	0,02	51,75
	2,03	0,05	53,25
3	2,03	0,05	50,5
	2,03	0,03	51,5
	2,03	0,03	52,75
	2,04	0,04	52,25
	2	0,02	50,25
	2,02	0,03	51
4	2,04	0,04	54
	2,04	0,06	52
	2,03	0,06	54,25
	2,04	0,05	53,75
	2,03	0,05	55,25
	2,04	0,03	53
5	2,03	0,03	52
	2,02	0,02	52,75
	2,04	0,02	52,75
	2,04	0,04	52,75
	2,02	0,03	52,75
	2,02	0,02	54
6	2,03	0,03	52,25
	2,03	0,03	50,75
	2,03	0,02	50,75
	2,02	0,04	51,5
	2,04	0,01	54
	2,03	0,01	50,25
7	2,01	0,02	52
	2,01	0,01	50,75
	2,02	0,04	52,75
	2,03	0,03	52,25
	2,01	0,04	51,75
	2	0,03	52,25
8	2,02	0,05	51
	2,02	0,02	50
	2,04	0,06	53
	2,04	0,06	53
	2,04	0,05	51,5
	2,03	0,04	51,25
9	2,02	0,04	51,75
	2,02	0,03	51
	2,01	0,04	50,5
	2,05	0,07	51,25
	2,05	0,07	52,5
	2,04	0,08	52,25
10	2	0,05	51,5
	2,02	0,05	52
	2,03	0,09	53,25
	2,04	0,07	53,25
	2,04	0,07	53
	1,99	0,03	54

Lampiran 3. Output Statistika Deskriptif Fase I**Descriptive Statistics: Ketebalan; Kerataan; Zebra**

Variable	Mean	Variance	Minimum
Median	Maximum		
Ketebalan	2.0231	0.00040	1.9800
2.0200	2.0800		
Kerataan	0.04247	0.00036	0.00000
0.04000	0.10000		
Zebra	52.512	2.097	47.750
52.375	55.750		

Lampiran 4. Output Statistika Deskriptif Fase II**Descriptive Statistics: Ketebalan_1; Kerataan_1; Zebra_1**

Variable	Mean	Variance	Minimum
Median	Maximum		
Ketebalan_1	2.0267	0.00018	1.9900
2.0300	2.0500		
Kerataan_1	0.04333	0.00044	0.01000
0.04000	0.10000		
Zebra_1	52.258	1.536	50.000
52.250	55.750		

Lampiran 5. Output Uji Asumsi Data LNFL Tipe E Fase I

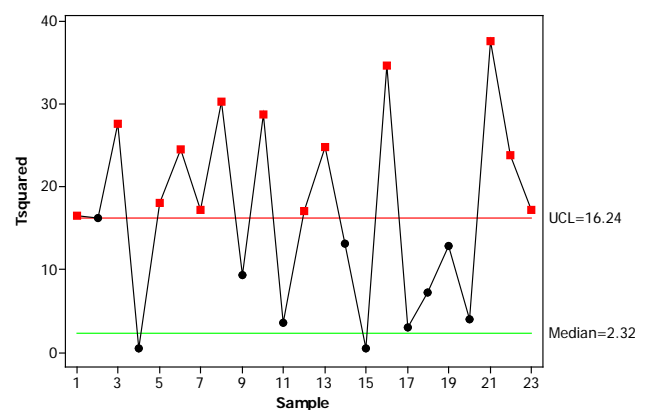
```
> uji=read.csv("E:/Dila/SEM 5/PKS/MODUL 6/dataujifase1.csv",header=TRUE,sep=";")
> data1=as.matrix(uji)
> r1=cor(data1)
> cor.test.bartlett(r1)
$`chisq`
[1] 10.04754
$`p.value`
[1] 0.01816629
$`df`
[1] 3
> library(mvnormtest)
> dat2=t(uji)
> mshapiro.test(dat2)
      Shapiro-Wilk normality test
data:  z
W = 0.96378, p-value = 0.0005549
```

Lampiran 6. Output Uji Asumsi Data LNFL Tipe E Fase II

```
> library(psych)
> uji=read.csv("E:/Dila/SEM 5/PKS/MODUL 6/dataujifase2.csv",header=TRUE,sep=";")
> data1=as.matrix(uji)
> r1=cor(data1)
> cor.test.bartlett(r1)
$`chisq`
[1] 17.95401
$`p.value`
[1] 0.0004495611
$`df`
[1] 3
> library(mvnormtest)
> dat2=t(uji)
> mshapiro.test(dat2)
      Shapiro-Wilk normality test
data:  z
W = 0.96652, p-value = 0.09846
```

Lampiran 7. Dekomposisi T^2 Hotelling Fase I

Subgrup	d ₁	d ₂	d ₃	Penyebab out of control
1	18,13218	0,03901	0,06012	X ₁
3	9,242994	10,0524	2,46254	X ₁ , X ₂
5	8,959721	4,63622	4,73220	X ₁ , X ₂ , X ₃
6	7,695807	11,6615	0,02820	X ₁ , X ₂
8	24,5167	0,54463	4,03662	X ₁ , X ₃
9	33,87682	13,7784	0,28392	X ₁ , X ₂
11	12,95203	1,01667	9,60847	X ₁ , X ₃
13	1,014252	0,53033	15,4153	X ₃
14	0,002085	13,9150	7,91526	X ₂ , X ₃
17	10,58426	7,50866	15,5821	X ₁ , X ₂ , X ₃
22	30,78219	5,55473	3,48132	X ₁ , X ₂
23	23,85317	1,66848	0,01054	X ₁
24	9,344516	8,59615	-0,77277	X ₁ , X ₂

Lampiran 8. Perbaikan Peta Kendali T^2 Hotelling Fase I Iterasi Pertama**Lampiran 9. Pembagian Tugas**

No	Tugas	Pelaksana
1	Mencari Data	Adilia
2	Abstrak	Naziebah
3	BAB I	Naziebah
4	BAB II	Adilia
5	BAB III	Naziebah
6	BAB IV	Adilia
		Naziebah
7	BAB V	Adilia
		Naziebah
8	Lampiran	Adilia
		Naziebah
9	Revisi	Adilia
		Naziebah
10	Membuat PPT	Adilia
		Naziebah