

**PENERAPAN DIAGRAM KONTROL G PADA PENGENDALIAN KECACATAN
PRODUK KAYU LAPIS DI PT. SEGARA TIMBER MANGKUJENANG
SAMARINDA TAHUN 2019**

***The Implementation of G Control Chart on Defects Control of Plywood Products in PT.
Segara Timber Mangkujenang Samarinda In 2019***

Nur Eka Fitria^{1*}, Ika Purnamasari², dan Sri Wahyuningsih³

¹Laboratorium Statistika Ekonomi dan Bisnis, FMIPA, Universitas Mulawarman

^{2,3}Program Studi Statistika, Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Mulawarman

Jl. Barong Tongkok, Gn. Kelua, Kec. Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Kalimantan Timur 75242

e-mail: nurekafitria57@gmail.com^{1*}, ika.purnamasari@fmipa.unmul.ac.id²,
swahyuningsih@fmipa.unmul.ac.id³

Abstrak: Diagram kontrol merupakan salah satu metode statistika yang dapat digunakan dalam pengendalian kualitas suatu produk. Diagram kontrol berdasarkan distribusi geometrik adalah diagram kontrol G. Diagram kontrol G merupakan diagram kontrol untuk memonitoring total banyaknya kejadian. Diagram kontrol G dapat digunakan untuk pengendalian kualitas produk kayu lapis. Salah satu perusahaan yang bergerak dibidang industri kayu lapis adalah PT. Segara Timber Mangkujenang, Samarinda. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis data kecacatan produksi kayu lapis apakah dalam keadaan terkendali atau tidak. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa data kecacatan produk kayu lapis telah berdistribusi geometrik dan diagram kontrol G dengan nilai koefisien sigma (k)=1 dan $k=2$ dalam keadaan tidak terkendali karena terdapat titik yang berada di luar kendali yaitu masing-masing 20 titik dan 1 titik, sedangkan diagram kontrol dengan nilai $k=3, 4, 5, 6$ dan yang bervariasi dalam keadaan terkendali karena tidak terdapat titik yang berada di luar kendali dan tidak terjadi kondisi-kondisi lainnya yang terdapat pada aturan *Western Electric*. Nilai k terbaik untuk mendeteksi adanya keadaan di luar kendali yaitu nilai $k=2$ karena tidak terdapat banyak titik yang di luar kendali sehingga tidak menimbulkan kerugian yang besar bagi perusahaan dan batas kendali lebih kecil sehingga lebih sensitif dalam mendeteksi adanya titik yang berada di luar batas kendali.

Kata Kunci : Diagram Kontrol, diagram kontrol G, distribusi geometrik, Kayu Lapis.

Abstract: Control chart is one of the statistical methods that can be used in controlling the quality of a product. Control chart based on geometric distribution is G control chart. G control chart is a control chart for monitoring the total number of events. The control chart G can be used to control the quality of plywood products. Plywood is a product that's obtained by arranging a cross section of upright veneer sheets that are bounded with adhesive, at least 3 (three) layers. One of the companies engaged in the plywood industry is PT. Segara Timber Mangkujenang, Samarinda. This study aims to analyzed data on defects in plywood production whether under controlled conditions or not. The results of this study indicated that the data defect of plywood products had geometric distribution and G control chart with sigma coefficient values (k) = 1 and $k = 2$ in an uncontrolled state because there were point out of control namely 20 points and 1 point, while the control chart with values $k = 3, 4, 5, 6$ and that varies in a controlled state because there were no points out of control and there were no other conditions that exist on *Western Electric* rules. The best k value to detect an out of control situation was $k=2$ because there wasn't many points out of control, so it didn't cause any great harm for the company and the controls limit were smaller so it was more sensitive in detecting points that were out of control.

Keywords : Control chart, G control chart, geometric distribution, plywood.

1. PENDAHULUAN

Statistical Process Control (SPC) merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan sebagai monitoring, pengendali, penganalisis, pengelola, dan perbaikan proses dengan menggunakan metode-metode statistik. Salah satu alat *Statistical Process Control* (SPC) yang sering digunakan adalah diagram kontrol [1]. Diagram kontrol (*Control Chart*) adalah sebuah grafik yang memberikan gambaran tentang perilaku sebuah proses. Diagram kontrol berdasarkan banyaknya karakteristiknya dibagi menjadi dua yaitu univariat dan multivariat. Diagram kontrol univariat adalah diagram kontrol untuk satu karakteristik kualitas, sedangkan diagram kontrol multivariat adalah diagram kontrol yang digunakan jika terdapat dua atau lebih karakteristik kualitas. Diagram kontrol univariat dibedakan menjadi dua yaitu diagram kontrol variabel dan diagram kontrol atribut. Diagram kontrol variabel adalah diagram kontrol yang mengontrol karakteristik kualitas yang terukur, sedangkan diagram kontrol atribut adalah diagram kontrol yang mengontrol karakteristik kualitas yang tidak terukur, misalnya cacat atau tidak cacat [2].

Pada umumnya, diagram kontrol atribut dikembangkan berdasarkan dua macam distribusi yaitu dikembangkan berdasarkan distribusi poisson dan distribusi binomial. Diagram kontrol yang dikembangkan berdasarkan distribusi poisson digunakan jika terdapat ketidaksesuaian dalam setiap unit. Sementara diagram kontrol yang dikembangkan berdasarkan distribusi binomial digunakan untuk proporsi ketidaksesuaian dan banyaknya ketidaksesuaian dalam sampel [3]. Pada diagram kontrol yang berdasarkan distribusi poisson, rata-rata sama dengan variansinya dan nilai terkecil dari variabel acaknya dapat bernilai nol atau tidak ada. Namun dalam kejadian nyata jarang ada nilai rata-rata sama dengan variansinya. Selain itu kejadian dengan nilai nol dianggap tidak menarik atau tidak bekerja. Sehingga diperlukan konsep diagram kontrol yang distribusinya mempunyai nilai rata-rata dan variansinya yang berbeda dan nilai terkecil yang mungkin dari variabel acaknya tidak sama dengan nol. Diagram kontrol yang memenuhi syarat tersebut adalah diagram kontrol yang berdasarkan distribusi geometrik. Diagram kontrol berdasarkan distribusi geometrik adalah diagram kontrol G. Diagram kontrol G merupakan diagram kontrol untuk memonitoring total banyaknya kejadian. Diagram kontrol G digunakan apabila kejadiannya merupakan kejadian diskrit. Diagram kontrol G dapat diterapkan dalam bidang industri yang digunakan untuk pengawasan dan pemantauan suatu proses produksi [4].

Industri merupakan suatu kegiatan ekonomi pengolahan bahan mentah, bahan baku dan barang setengah jadi menjadi barang yang memiliki nilai tambah lebih tinggi atau manfaat lebih tinggi. Berdasarkan penggolongan produktivitasnya, industri dapat digolongkan menjadi dua yaitu industri penghasil barang dan pelayanan jasa. Salah satu industri penghasil barang adalah industri kayu lapis. Industri kayu lapis merupakan industri pengolahan kayu bulat menjadi kayu lapis [5]. Kayu lapis adalah suatu produk yang diperoleh dengan cara menyusun bersilang tegak lurus lembaran vinir yang diikat dengan perekat, minimal 3 (tiga) lapis. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan bahan konstruksi maka keberadaan industri kayu lapis mulai berkembang. Di Indonesia sendiri, perkembangan industri kayu lapis terjadi semenjak adanya larangan ekspor kayu bulat oleh pemerintah. Data Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, menunjukkan bahwa Indonesia memiliki 78 perusahaan yang bergerak di bidang industri kayu lapis. Kalimantan timur memiliki perusahaan yang bergerak dibidang industri kayu lapis. Salah satunya adalah PT. Segara Timber Mngkujenang [6].

PT. Segara Timber Mangkujenang merupakan salah satu perusahaan industri yang bergerak di bidang industri kayu lapis. Perusahaan ini memproduksi berbagai macam kayu lapis untuk bahan material perusahaan, material perumahan dan sebagainya. Jenis kayu lapis yang diproduksi dikenal sebagai *General Panel*. Jenis cacat kayu lapis yang terjadi pada perusahaan ini disebabkan oleh faktor teknis atau proses pengolahan (*Technical defect*). Persaingan yang ketat dalam industri kayu lapis antar negara tidak hanya meliputi harga, tetapi juga menyangkut kualitas produk yang dihasilkan. Hal inilah yang mendorong PT. Segara Timber Mangkujenang untuk terus menghasilkan produk yang berkualitas yang diharapkan konsumen [7].

Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis ingin melakukan penelitian tentang “Penerapan Diagram Kontrol G Pada Pengendalian Kecacatan Produk Kayu Lapis Di PT. Segara Timber Mangkujenang Samarinda Tahun 2019”.

2. METODOLOGI

2.1 Sumber Data

Pada penelitian ini menggunakan data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh orang yang melakukan penelitian dari sumber-sumber yang telah ada [8]. Data sekunder yang digunakan adalah data yang diambil oleh Rebeka Norcaline dari PT. Segara Timber Mangkujenang, Samarinda.

2.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh seorang peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi mengenai hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya [9]. Adapun variabel penelitian yang digunakan adalah total kecacatan produk kayu lapis bulan Januari hingga Juni pada tahun 2019 di PT. Segara Timber Mangkujenang, Samarinda.

2.3 Metode Analisis

Metode analisis pada penelitian ini adalah analisis statistika deskriptif dan diagram kontrol G untuk mengetahui apakah kecacatan produk kayu lapis PT. Segara Timber Mangkujenang dalam keadaan terkendali atau tidak dengan menggunakan bantuan *software* R 3.2.2. Diagram kontrol G merupakan diagram kontrol yang berdasarkan distribusi Geometrik. Pada distribusi geometrik menempatkan sejumlah percobaan sebelum percobaan pertama berhasil. Jika percobaan diulang sebanyak x sampai percobaan pertama berhasil, maka akan didapatkan sejumlah $x-1$ kejadian yang gagal. Jika p adalah probabilitas kejadian yang berhasil dan q adalah probabilitas kejadian yang gagal, maka probabilitas percobaan pertama berhasil pada x percobaan dinyatakan dalam persamaan berikut [10]:

$$P(x, p) = pq^{x-1} \quad x = 1, 2, \dots \quad (1)$$

dengan fungsi pembangkit momen sebagai berikut:

$$M(t) = \sum_{x=1}^{\infty} e^{tx} (1-p)^{x-1} p = \frac{p}{q} qe^t \frac{1}{1-qe^t} = \frac{pe^t}{1-qe^t} \quad (2)$$

dengan asumsi $qe^t < 1$. Apabila dicari turunan pertama dan turunan kedua dari fungsi pembangkit momennya, masing-masing didapat sebagai berikut:

$$M'(t) = \frac{pe^t}{(1-qe^t)^2} \quad (3)$$

$$M''(t) = \frac{pe^t - pq^2e^{3t}}{(1-qe^t)^4} \quad (4)$$

sehingga mempunyai rata-rata dan variansi sebagai berikut:

$$E(X) = M'(0) = \frac{p}{(1-q)^2} = \frac{1}{p} \quad (5)$$

$$V(X) = M''(0) - (M'(0))^2 = \frac{p - pq^2}{(1-q)^4} - \frac{1}{p^2} = \frac{q}{p^2} = \frac{1-p}{p^2} \quad (6)$$

Diagram kontrol G merupakan diagram kontrol untuk total banyaknya kejadian. Mempunyai fungsi kepadatan peluang sebagai berikut [4]:

$$p(x) = p(1-p)^{x-1}, x = a, a+1, a+2, \dots \quad (7)$$

Dengan nilai a merupakan nilai minimum data yang muncul dalam penelitian. Berdasarkan persamaan (8) didapatkan rata-rata dari variabel acak sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
E(X) &= \sum_{x=a}^{\infty} xp(1-p)^{x-a} \\
&= p \sum_{y=1}^{\infty} (y+a-1)q^{y-1} \\
&= \frac{p}{(1-q)^2} + \frac{(a-1)p}{p} \\
&= \frac{1-p}{p} + a
\end{aligned} \tag{8}$$

Karena diagram kontrol G merupakan turunan dari distribusi geometrik maka variansi diagram kontrol G diasumsikan sama dengan variansi distribusi geometrik, sehingga mempunyai variansi sebagai berikut:

$$V(X) = \frac{q}{p^2} = \frac{1-p}{p^2} \tag{9}$$

Karena dianggap variabel acak saling bebas dan berdasarkan Persamaan (8) dan Persamaan (9) maka rata-rata dan variansi masing-masing sebagai berikut:

$$E(T) = E\left(\sum_{i=1}^n x_i\right) = \sum_{i=1}^n E(x_i) = nE(X) = n\left(\frac{1-p}{p} + a\right) \tag{10}$$

dan

$$V(T) = V\left(\sum_{i=1}^n x_i\right) = nV(X) = \frac{n(1-p)}{p^2} \tag{11}$$

Diagram kontrol ini dapat dioperasikan bilamana nilai p dan a diketahui, dengan $0 < p < 1$. Batas kendali diagram kontrol G dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$CL = E(T) = n\left(\frac{1-p}{p} + a\right) \tag{12}$$

$$UCL = E(T) + k\sqrt{V(T)} = n\left(\frac{1-p}{p} + a\right) + k\sqrt{\frac{n(1-p)}{p^2}} \tag{13}$$

$$LCL = E(T) - k\sqrt{V(T)} = n\left(\frac{1-p}{p} + a\right) - k\sqrt{\frac{n(1-p)}{p^2}} \tag{14}$$

Jika nilai p tidak diketahui maka perlu dilakukan estimasi nilai dari p , untuk itu digunakan metode estimasi maksimum *likelihood* untuk mengestimasi nilai p . Diberikan $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_n$, saling bebas dan berdistribusi geometrik dengan fungsi kepadatan peluang, maka [3]:

$$f(\bar{X}_i = \bar{x}_i; p) = p(1-p)^{\bar{x}_i - a}, i = 1, 2, \dots, n \tag{15}$$

Memiliki fungsi *likelihood* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
l(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_n; p) &= P(\bar{X}_1 = \bar{x}_1, \bar{X}_2 = \bar{x}_2, \dots, \bar{X}_n = \bar{x}_n) \\
&= \prod_{i=1}^n P(\bar{X}_i = \bar{x}_i) \\
&= \prod_{i=1}^n P(\bar{x}_i; p) \\
&= \prod_{i=1}^n p(1-p)^{\bar{x}_i - a} \\
&= (p(1-p)^{\bar{x}_1 - a})(p(1-p)^{\bar{x}_2 - a}) \dots (p(1-p)^{\bar{x}_n - a}) \\
&= (p^n (1-p)^{\sum_{i=1}^n (\bar{x}_i - a)}) \\
&= (p^n (1-p)^{\sum_{i=1}^n \bar{x}_i - na})
\end{aligned} \tag{16}$$

Fungsi log likelihood

$$\begin{aligned}
 L(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_n; p) &= \ln l(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_n; p) \\
 &= \ln(p^n (1-p)^{\sum_{i=1}^n (\bar{x}_i) - na}) \\
 &= n \ln p + \left(\sum_{i=1}^n \bar{x}_i - na \right) \ln(1-p) \\
 \frac{\partial L(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_n; p)}{\partial p} &= 0 \\
 \frac{\partial L(n \ln p + \left(\sum_{i=1}^n \bar{x}_i - na \right) \ln(1-p))}{\partial p} &= 0 \\
 \frac{n}{p} - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \bar{x}_i - na \right)}{(1-p)} &= 0 \\
 \frac{n(1-p) - \left(\sum_{i=1}^n \bar{x}_i - na \right)p}{p(1-p)} &= 0 \\
 n(1-p) - \left(\sum_{i=1}^n \bar{x}_i - na \right)p &= 0 \\
 (n - np) - \left(\sum_{i=1}^n \bar{x}_i - na \right)p &= 0 \\
 -\left(n + \sum_{i=1}^n \bar{x}_i - na \right)p &= -n \\
 p &= \frac{n}{\left(n + \sum_{i=1}^n \bar{x}_i - na \right)} \\
 \hat{p} &= \frac{1}{(1 + \bar{\bar{x}} - a)}
 \end{aligned} \tag{17}$$

Jadi nilai p taksirannya adalah $\frac{1}{(1 + \bar{\bar{x}} - a)}$. Selanjutnya, akan ditentukan nilai dari \bar{x} berdasarkan Persamaan (17) sehingga didapatkan sebagai berikut:

$$\bar{\bar{x}} = a + \frac{1 - \hat{p}}{\hat{p}} = \frac{\bar{t}}{n} \tag{18}$$

Selanjutnya, secara teoritis misalkan terdapat m subgrup yang masing-masing berukuran n dan total banyaknya kejadian dalam tiap-tiap sampel adalah t_1, t_2, \dots, t_m . Maka rata-rata banyaknya kejadian persampel adalah sebagai berikut [4]:

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_m}{m} \tag{19}$$

Berdasarkan Persamaan (18) dan Persamaan (9) didapatkan hubungan berikut:

$$\frac{1 - \hat{p}}{\hat{p}^2} = \frac{\frac{\bar{t}}{n} - a}{\hat{p}} = \left(\frac{\bar{t}}{n} - a \right) \left(\frac{\bar{t}}{n} - a + 1 \right) \tag{20}$$

Sebagai implikasinya diperoleh batas kendali diagram kontrol G yang baru yaitu:

$$CL = \bar{t} \tag{21}$$

$$UCL = \bar{t} + k \sqrt{n \left(\frac{\bar{t}}{n} - a \right) \left(\frac{\bar{t}}{n} - a + 1 \right)} \tag{22}$$

$$LCL = \bar{t} - k \sqrt{n \left(\frac{\bar{t}}{n} - a \right) \left(\frac{\bar{t}}{n} - a + 1 \right)} \quad (23)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Statistika Deskriptif

Analisis statistika deskriptif yang bertujuan untuk menggambarkan data total kecacatan produk kayu lapis PT. Segara Timber Mangkujenang pada bulan Januari sampai dengan Juni tahun 2019. Analisis statistika deskriptif data dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistika Deskriptif Total Kecacatan Produk Kayu Lapis PT. Segara Timber Mangkujenang

Jumlah Produk Cacat	Rata-Rata	Nilai Minimum	Nilai Maksimum	Simpangan Baku	Variansi
6.914	58,593	35	90	11,274	127,098

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa jumlah produk kayu lapis yang cacat di PT. Segara Timber Mangkujenang pada bulan Januari sampai dengan bulan Juni tahun 2019 adalah sebanyak 6.914. Rata-rata kecacatan produk kayu lapis sebesar 58,593 atau 59 buah perhari dan nilai simpangan baku sebesar 11,274 dengan nilai variansi sebesar 127,098, nilai rata-rata lebih besar dari nilai simpangan baku sehingga penyimpangan data yang terjadi rendah maka penyebaran nilainya merata. Nilai kecacatan minimum yaitu 35 buah produk kayu lapis dan nilai kecacatan maksimum yaitu 90 buah produk kayu lapis.

3.2 Pengujian Distribusi Geometrik

Pada diagram kontrol G data yang digunakan harus berdistribusi geometrik, oleh karena itu untuk mengetahui apakah data berdistribusi geometrik atau tidak dapat dilakukan pengujian Kolmogorov Smirnov dengan langkah-langkah sebagai berikut [4]:

1. Hipotesis
Adapun hipotesis yang digunakan sebagai berikut:
 $H_0 : S(t) = F_0(t)$
(Data total kecacatan produk kayu lapis berdistribusi geometrik)
 $H_1 : S(t) \neq F_0(t)$
(Data total kecacatan produk kayu lapis tidak berdistribusi geometrik)
2. Taraf Signifikansi
Pada pengujian ini menggunakan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$
3. Statistik Uji
Untuk hasil statistik uji pada pengujian ini menggunakan *Software R* dan didapatkan hasil yaitu $D_{maks} = 0,027$.
4. Kriteria Pengujian
Kriteria pengujian adalah menolak H_0 apabila nilai $D \geq D_{(m;\alpha)}$, dimana m adalah banyaknya data total kecacatan produk kayu lapis. Pada penelitian ini banyaknya data total kecacatan produk kayu lapis yaitu 118 data sehingga diketahui untuk $D_{(118;0,05)}$ bernilai 0,124.
5. Keputusan
Berdasarkan perhitungan menggunakan statistik uji diperoleh untuk nilai D sebesar 0,075 dan diketahui nilai $D = 0,027 < D_{(118;0,05)} = 0,124$ maka dapat diputuskan gagal menolak H_0 .
6. Kesimpulan
Berdasarkan keputusan yang diambil maka dapat disimpulkan bahwa data total kecacatan produk kayu lapis di PT. Segara Timber Mangkujenang berdistribusi geometrik.

3.3 Diagram Kontrol G

Pada penelitian ini diketahui untuk banyaknya subgroup (n) adalah 20 subgroup, nilai terkecil pada data kecacatan produk kayu lapis (a) yaitu sebesar 0 dan karena nilai peluang kecacatan (p) tidak diketahui maka harus diestimasi terlebih dahulu. Sebelum mencari nilai estimasi p langkah pertama yaitu mencari nilai rata-rata keseluruhan data \bar{x} dengan \bar{t} merupakan nilai rata-rata total kecacatan produksi kayu lapis untuk diagram kontrol G dengan persamaan sebagai berikut:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{t}}{n} = \frac{58,593}{20} = 2,930$$

Setelah didapatkan nilai $\bar{\bar{x}}$, selanjutnya mencari nilai estimasi p dengan Persamaan (17) sebagai berikut:

$$\hat{p} = \frac{1}{(1 + \bar{\bar{x}} - a)} = \frac{1}{(1 + 2,930 - 0)} = 0,254$$

Selanjutnya mencari nilai CL dengan Persamaan (21) dan nilai CL bernilai sama untuk semua diagram kontrol G pada penelitian ini. Adapun perhitungan untuk nilai CL sebagai berikut:

$$CL = \frac{62 + 68 + \dots + 62}{118} = \frac{6914}{118} = 58,593$$

Pada penelitian ini karena nilai k tidak diketahui dan tidak ada ketentuan dari perusahaan maka langkah pertama yang harus dilakukan adalah menentukan nilai k . Untuk mengetahui nilai k dari data yang diperoleh maka dapat menggunakan perhitungan DPMO [11]. Untuk nilai CTQ merupakan jenis cacat yang ada pada produk kayu lapis yaitu sebanyak 20 jenis kecacatan. Berikut perhitungan data pertama:

$$DPMO_1 = \frac{Cacat}{Banyak\ data\ yang\ diperiksa \times CTQ} \times 1.000.000$$

$$DPMO_1 = \frac{62}{5.646 \times 20} \times 1.000.000$$

$$DPMO_1 = 549,061$$

Setelah diketahui nilai dari DPMO maka selanjutnya mencari nilai k dengan melihat tabel konversi DPMO Motorola. Jika nilai DPMO tidak terdapat pada tabel konversi maka dapat melihat nilai yang paling mendekati, diasumsikan $DPMO_a$ merupakan nilai DPMO terkecil dan $DPMO_b$ merupakan nilai DPMO terbesar yang mendekati nilai DPMO yang tidak terdapat pada tabel. Nilai k_a merupakan nilai koefisien sigma untuk $DPMO_a$ dan nilai k_b merupakan nilai koefisien sigma untuk $DPMO_b$ dan dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{k_1 - k_a}{k_b - k_a} = \frac{DPMO_1 - DPMO_a}{DPMO_b - DPMO_a}$$

$$\frac{k_1 - 4,77}{4,76 - 4,77} = \frac{549,061 - 538}{557 - 538}$$

$$(k_1 - 4,77) \times 19 = (-0,01) \times (11,061)$$

$$19k_1 - 90,63 = -0,11061$$

$$19k_1 = -0,11061 + 90,63$$

$$k_1 = \frac{90,51939}{19}$$

Berdasarkan perhitungan diketahui bahwa nilai DPMO sebesar 549,061 dan nilai k sebesar 4,76 untuk data ke-1. Perhitungan dilanjutkan sampai data ke-118, adapun hasilnya pada tabel berikut:

Tabel 2. Nilai Koefisien Sigma (k)

No.	DPMO	k
1	549,061	4,76
2	591,304	4,74
3	685,786	4,70
4	925,926	4,61
5	878,906	4,63
6	198,593	5,04
7	744,772	4,68
8	327,822	4,91
9	464,507	4,81
10	332,625	4,90
⋮	⋮	⋮
118	567,766	4,75

Setelah didapatkan nilai k masing-masing data selanjutnya dilakukan perhitungan nilai UCL berdasarkan Tabel 2 dengan Persamaan (22). Adapun perhitungan UCL data ke-1 dengan nilai $k=4,76$ sebagai berikut:

$$UCL_1 = 58,593 + 4,76 \sqrt{20 \left(\frac{58,593}{20} - 0 \right) \left(\frac{58,593}{20} - 0 + 1 \right)} = 130,822$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama, perhitungan dilakukan sampai dengan data ke-118. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai LCL dengan Persamaan (23). Adapun perhitungan LCL data ke-1 dengan nilai $k=4,76$ sebagai berikut:

$$LCL_1 = 58,593 - 4,76 \sqrt{20 \left(\frac{58,593}{20} - 0 \right) \left(\frac{58,593}{20} - 0 + 1 \right)} = -13,635$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama, perhitungan dilakukan sampai dengan data ke-118. Didapatkan hasil yang disajikan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Nilai UCL Dan LCL Untuk Nilai k Yang Bervariasi

No	k	UCL	LCL
1	4,76	130,822	-13,635
2	4,74	130,518	-13,332
3	4,70	129,911	-12,725
4	4,61	128,546	-11,359
5	4,63	128,849	-11,663
6	5,04	135,070	-17,884
7	4,68	129,608	-12,421
8	4,91	133,098	-15,911
9	4,81	131,580	-14,394
10	4,90	132,946	-15,760
⋮	⋮	⋮	⋮
118	4,75	130,670	-13,483

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa nilai LCL dari data ke-1 hingga data ke-118 bernilai negatif sehingga diasumsikan untuk nilai LCL bernilai 0. Diagram kontrol G untuk nilai k yang bervariasi ditunjukkan pada Gambar 1. Pada penelitian ini juga menggunakan nilai $k=1, 2, 3, 4, 5$ dan 6 untuk mengetahui perbandingan hasil dari masing-masing diagram kontrol. Berikut perhitungan mencari nilai UCL dan LCL menggunakan Persamaan (22) dan (23) untuk masing-masing diagram kontrol:

a. Untuk $k=1$

Nilai UCL dan LCL masing-masing akan sama dari data ke-1 sampai dengan data ke-118 karena nilai k konstan yaitu $k=1$. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

$$UCL_1 = 58,593 + 1\sqrt{20\left(\frac{58,593}{20} - 0\right)\left(\frac{58,593}{20} - 0 + 1\right)} = 73,767$$

$$LCL_1 = 58,593 - 1\sqrt{20\left(\frac{58,593}{20} - 0\right)\left(\frac{58,593}{20} - 0 + 1\right)} = 43,419$$

Berdasarkan perhitungan diketahui nilai UCL sebesar 73,767 dan nilai LCL sebesar 43,419. Diagram kontrol G untuk nilai $k=1$ ditunjukkan pada Gambar 2.

b. Untuk $k=2$

Nilai UCL dan LCL masing-masing akan sama dari data ke-1 sampai dengan data ke-118 karena nilai k konstan yaitu $k=2$. Adapun perhitungannya sebagai berikut :

$$UCL_2 = 58,593 + 2\sqrt{20\left(\frac{58,593}{20} - 0\right)\left(\frac{58,593}{20} - 0 + 1\right)} = 88,941$$

$$LCL_2 = 58,593 - 2\sqrt{20\left(\frac{58,593}{20} - 0\right)\left(\frac{58,593}{20} - 0 + 1\right)} = 28,245$$

Berdasarkan perhitungan diketahui nilai UCL sebesar 88,941 dan nilai LCL sebesar 28,245. Diagram kontrol G untuk nilai $k=2$ ditunjukkan pada Gambar 3.

c. Untuk $k=3$

Nilai UCL dan LCL masing-masing akan sama dari data ke-1 sampai dengan data ke-118 karena nilai k konstan yaitu $k=3$. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

$$UCL_3 = 58,593 + 3\sqrt{20\left(\frac{58,593}{20} - 0\right)\left(\frac{58,593}{20} - 0 + 1\right)} = 104,115$$

$$LCL_3 = 58,593 - 3\sqrt{20\left(\frac{58,593}{20} - 0\right)\left(\frac{58,593}{20} - 0 + 1\right)} = 13,071$$

Berdasarkan perhitungan diketahui nilai UCL sebesar 104,115 dan nilai LCL sebesar 13,071. Diagram kontrol G untuk nilai $k=3$ ditunjukkan pada Gambar 4.

d. Untuk $k=4$

Nilai UCL dan LCL masing-masing akan sama dari data ke-1 sampai dengan data ke-118 karena nilai k konstan yaitu $k=4$. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

$$UCL_4 = 58,593 + 4\sqrt{20\left(\frac{58,593}{20} - 0\right)\left(\frac{58,593}{20} - 0 + 1\right)} = 119,290$$

$$LCL_4 = 58,593 - 4\sqrt{20\left(\frac{58,593}{20} - 0\right)\left(\frac{58,593}{20} - 0 + 1\right)} = -2,103$$

Berdasarkan perhitungan diketahui nilai UCL sebesar 119,290 dan nilai LCL sebesar -2,103. Untuk nilai LCL sebesar -2,103 diasumsikan bernilai 0 karena pada distribusi geometrik tidak akan bernilai negatif. Diagram kontrol G untuk nilai $k=4$ ditunjukkan pada Gambar 5.

e. Untuk $k=5$

Nilai UCL dan LCL masing-masing akan sama dari data ke-1 sampai dengan data ke-118 karena nilai k konstan yaitu $k=5$. Adapun perhitungannya sebagai berikut :

$$UCL_5 = 58,593 + 5\sqrt{20\left(\frac{58,593}{20} - 0\right)\left(\frac{58,593}{20} - 0 + 1\right)} = 134,464$$

$$LCL_5 = 58,593 - 5\sqrt{20\left(\frac{58,593}{20} - 0\right)\left(\frac{58,593}{20} - 0 + 1\right)} = -17,277$$

Berdasarkan perhitungan diketahui nilai UCL sebesar 134,464 dan nilai LCL sebesar -17,277. Untuk nilai LCL sebesar -17,277 diasumsikan bernilai 0 karena pada distribusi geometrik tidak akan bernilai negatif. Diagram kontrol G untuk nilai $k=5$ ditunjukkan pada Gambar 6.

f. Untuk $k=6$

Nilai UCL dan LCL masing-masing akan sama dari data ke-1 sampai dengan data ke-118 karena nilai k konstan yaitu $k=6$. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

$$UCL_6 = 58,593 + 6\sqrt{20\left(\frac{58,593}{20} - 0\right)\left(\frac{58,593}{20} - 0 + 1\right)} = 149,638$$

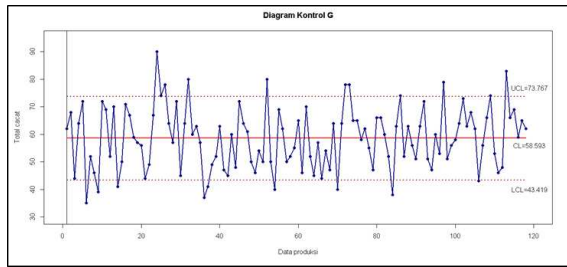
$$LCL_6 = 58,593 - 6\sqrt{20\left(\frac{58,593}{20} - 0\right)\left(\frac{58,593}{20} - 0 + 1\right)} = -32,451$$

Berdasarkan perhitungan diketahui nilai UCL sebesar 149,638 dan nilai LCL sebesar -32,451. Untuk nilai LCL sebesar -32,451 diasumsikan bernilai 0 karena pada distribusi geometrik tidak akan bernilai negatif. Diagram kontrol G untuk nilai $k=6$ ditunjukkan pada Gambar 7.

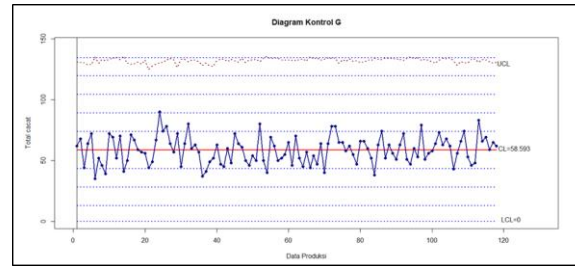
Tabel 4. Nilai UCL, CL, Dan LCL Pada Masing-Masing Diagram Kontrol

Nilai k	UCL	CL	LCL
1	73,767	58,593	43,419
2	88,941	58,593	28,245
3	104,115	58,593	13,071
4	119,290	58,593	0
5	134,464	58,593	0
6	149,638	58,593	0

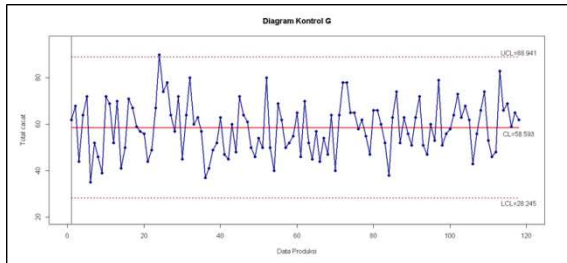
Setelah dilakukan perhitungan keseluruhan didapatkan nilai dari UCL, CL, dan LCL diagram kontrol pada masing-masing nilai k yang disajikan pada Tabel 4 di atas.



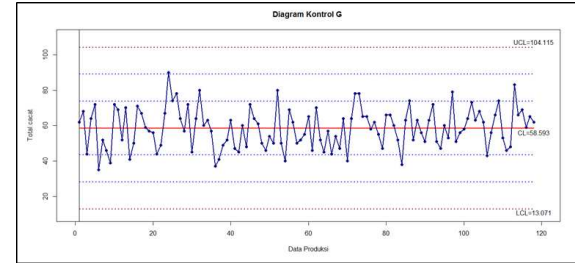
Gambar 1. Diagram kontrol G untuk nilai k yang bervariasi



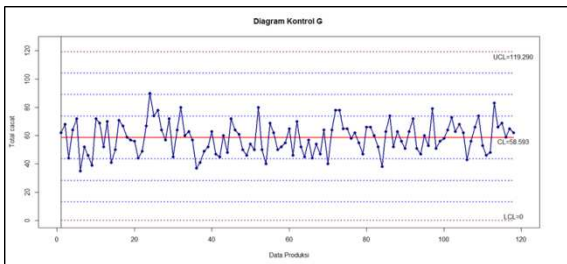
Gambar 2. Diagram kontrol G untuk $k=1$



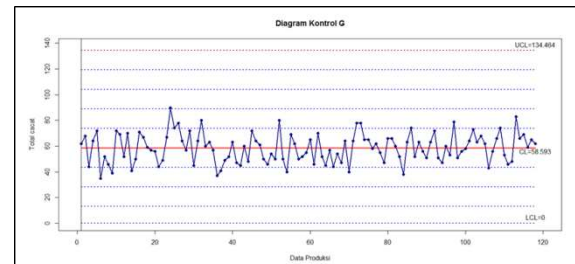
Gambar 3. Diagram kontrol G untuk $k=2$



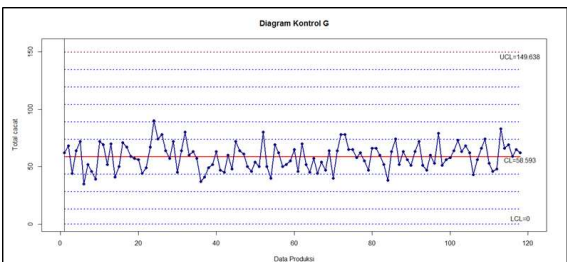
Gambar 4. Diagram kontrol G untuk $k=3$



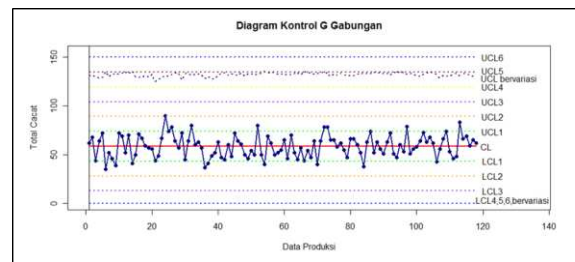
Gambar 5. Diagram kontrol G untuk $k=4$



Gambar 6. Diagram kontrol G untuk $k=5$



Gambar 7. Diagram kontrol G untuk $k=6$



Gambar 8. Diagram kontrol G Gabungan

Pada penelitian ini menggunakan aturan *Western Electric* untuk menganalisis hasil masing-masing diagram kontrol. Berdasarkan pada Gambar 1, 5, 6, dan 7 diketahui kondisi-kondisi sebagai berikut:

1. Tidak terdapat titik yang berada di luar batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) pada masing-masing diagram kontrol.
2. Tidak terdapat dua dari tiga titik secara berturut-turut berada diluar batas 2σ di kedua sisi dari garis tengah (CL) pada masing-masing diagram kontrol.
3. Tidak terdapat empat dari lima titik secara berturut-turut berada di luar batas 1σ di kedua sisi dari garis tengah (CL) pada masing-masing diagram kontrol.
4. Tidak terdapat delapan titik yang secara berturut-turut berada di sisi yang sama dari garis tengah (CL) pada masing-masing diagram kontrol.

5. Tidak terdapat enam titik secara berturut-turut yang tetap meningkat atau menurun pada masing-masing diagram kontrol .
6. Tidak terdapat lima belas titik berturut-turut yang berada di Zona C (baik di atas atau di bawah garis tengah) pada masing-masing diagram kontrol.
7. Tidak terdapat empat belas titik secara berturut-turut yang naik dan turun pada masing-masing diagram kontrol.
8. Tidak terdapat delapan titik berturut-turut yang berada pada kedua sisi garis tengah (CL) tanpa satupun berada di Zona C pada masing-masing diagram kontrol.
9. Pola data yang terdapat pada masing-masing diagram kontrol adalah pola random.
10. Tidak terdapat satu atau lebih titik yang berada di dekat batas kendali pada masing-masing diagram kontrol.

Dari kondisi-kondisi di atas dapat dikatakan bahwa kecacatan produk kayu lapis di PT. Segara Timber Mangkujenang tahun 2019 pada masing-masing diagram kontrol adalah terkendali secara statistik.

Selanjutnya berdasarkan pada Gambar 2 dapat diketahui bahwa terdapat 11 titik yang berada di luar batas kendali atas (UCL) yaitu pada data produksi ke 24, 25, 26, 32, 52, 72, 73, 86, 97, 109 dan 113 dan terdapat 9 titik yang berada di luar batas kendali bawah (LCL) yaitu pada data produksi ke 6, 9, 14, 36, 37, 54, 70, 84 dan 106 sehingga dapat dikatakan bahwa kecacatan produk kayu lapis di PT. Segara Timber Mangkujenang tahun 2019 pada diagram kontrol G untuk $k=1$ adalah tidak terkendali secara statistik. Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa terdapat 1 titik yang berada di luar batas kendali atas (UCL) yaitu pada data produksi ke-24 sehingga dapat dikatakan bahwa kecacatan produk kayu lapis di PT. Segara Timber Mangkujenang tahun 2019 pada diagram kontrol G untuk $k=2$ adalah tidak terkendali secara statistik.

Berdasarkan pada Gambar 4 dapat diketahui kondisi-kondisi sebagai berikut:

1. Tidak ditemukan titik yang berada di luar batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL).
2. Tidak terdapat dua dari tiga titik secara berturut-turut berada di luar batas 2σ di kedua sisi dari garis tengah (CL).
3. Tidak terdapat empat dari lima titik secara berturut-turut berada di luar batas 1σ di kedua sisi dari garis tengah (CL).
4. Tidak terdapat sembilan titik yang secara berturut-turut berada di sisi yang sama dari garis tengah (CL).

Dari kondisi-kondisi di atas dapat dikatakan bahwa kecacatan produk kayu lapis di PT. Segara Timber Mangkujenang tahun 2019 pada diagram kontrol G untuk $k=3$ terkendali secara statistik. Setelah didapatkan hasil dari diagram kontrol G untuk nilai k yang bervariasi dan nilai $k=1, 2, 3, 4, 5, 6$ dapat diketahui bahwa nilai k terbaik pada penelitian ini adalah nilai $k=2$ karena pada diagram kontrol dengan nilai $k=2$ hanya terdapat satu titik yang berada di luar kendali dibandingkan dengan diagram kontrol $k=1$ sehingga pada produksi tidak terdapat banyak produk yang terbuang akibat terjadinya kecacatan yang dapat menimbulkan kerugian besar bagi perusahaan dan dengan mempertimbangkan nilai rata-rata dan jumlah maksimum kecacatan akan lebih baik nilai batas kendalinya tidak terlalu jauh dari nilai rata-rata data kecacatan sebesar 58,593 dan jumlah kecacatan maksimumnya sebanyak 90 seperti pada diagram kontrol dengan nilai $k=2$ yang memiliki jarak batas kendali lebih kecil dibanding $k=3$. Hal ini juga dapat dilihat pada Gambar 8 dimana jarak antar garis tengah (CL) dengan batas kendali atas (UCL) untuk nilai $k=2$ dan batas kendali bawah (LCL) nilai $k=2$ nilainya lebih kecil yang menyebabkan diagram kontrol ini lebih sensitif dalam mendeteksi adanya titik yang berada di luar batas kendali.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada diagram kontrol G untuk nilai $k=1$ dan $k=2$ ditemukan kondisi-kondisi yang terdapat pada aturan *Western Electric*, sehingga dapat dikatakan bahwa hasil diagram kontrol G untuk data total kecacatan produk kayu lapis di PT. Segara Timber Mangkujenang Samarinda tahun 2019 tidak terkendali secara

statistik sedangkan untuk diagram kontrol G dengan nilai $k=3$, $k=4$, $k=5$, $k=6$ tidak ditemukan kondisi-kondisi yang terdapat pada aturan *Western Electric*, sehingga dapat dikatakan bahwa hasil diagram kontrol G untuk data total kecacatan produk kayu lapis di PT. Segara Timber Mangkujenang Samarinda tahun 2019 terkendali secara statistik.

2. Berdasarkan penelitian ini diketahui nilai k terbaik dalam mendeteksi adanya kejadian di luar kendali adalah diagram kontrol G dengan $k=2$ karena hanya terdapat satu titik yang berada di luar kendali sehingga pada produksi tidak terdapat banyak produk yang terbuang akibat terjadinya kecacatan yang dapat menimbulkan kerugian besar bagi perusahaan dan nilai batas kendalinya tidak terlalu jauh dari nilai rata-rata dan nilai maksimum pada data yang menyebabkan jarak antar batas kendali lebih kecil sehingga lebih sensitif untuk mendeteksi titik yang berada di luar kendali.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Irwan dan Haryono, D., *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Teoritis dan Aplikatif)*. Alfabeta, Bandung: 2015
- [2] Montgomery, D.C., *Statistical Quality Control, Seventh Edition*. John Wiley & Sons, Inc, New York: 2013
- [3] Hidayat, A., Herdiana, E.T., dan Anisa., *Penggunaan Peta kendali G Pada data Berdistribusi Geometrik*. Diakses dari <http://digilib.unhas.ac.id/opac/detail-opac?id=17707>: 2015
- [4] Sudarno dan Mukid, M.A., *Pemodelan Grafik Pengendali Total dan Rataan Diskrit Untuk Generalisasi Distribusi Geometrik*. Jurnal Media Statistika 9 (1), 63-73: 2016
- [5] Awaliyah, M., Novitasari dan Martha, S., *Analisis Produksi Kayu Lapis Menggunakan Statistical Quality Control*. Jurnal Bimaster 5 (1), 1-8: 2016
- [6] Iswanto, A. H., *Kayu Lapis (Plywood)*. Universitas Sumatera Utara, USU e-Repository: 2008
- [7] PT. Segara Timber., *Profil PT. Segara Timber Mangkujenang Samarinda*. Samarinda: 2018
- [8] Hasan, I., *Analisis Data Penelitian dengan Statistik*. PT Bumi Aksara, Jakarta: 2004
- [9] Sugiyono., *Statistika Untuk Penelitian*. Alfabeta, Bandung: 2010
- [10] Nawari., *Analisis Statistik dengan MS. Excel 2007 dan SPSS17*. Elex Media Komputindo, Jakarta: 2010
- [11] Balol, W. A., *Peningkatan Kualitas Produk Dengan Menerapkan Konsep DMAIC Di Plant Thermoforming PT. TX Pandaan*. Jurnal Ilmiah-VIDYA Vol. 24, No. 2: 2016