

Diagram Kontrol Multivariat Berdasarkan Jarak Chi-Kuadrat (Studi Kasus: Produksi Surat Kabar Kaltim Post Tahun 2017)

Aulia Trihandini

Universitas Mulawarman, atrihandini15@gmail.com

Ika Purnamasari

Universitas Mulawarman, ika.purnamasari@fmipa.unmul.ac.id

Wasono

Universitas Mulawarman, wason.khayla32@gmail.com

ABSTRAK, Diagram kontrol adalah metode statistika yang dapat digunakan sebagai alat ukur dalam mengontrol kualitas pada suatu produk. Diagram kontrol multivariat berdasarkan jarak *chi-square* merupakan salah satu diagram yang dapat digunakan untuk memonitor proses pada data yang bersifat multivariat dan lebih sensitif dalam mendeteksi sinyal *out of control*. Kaltim Post adalah perusahaan yang bergerak di bidang media massa yakni surat kabar. Pada percetakan surat kabar Kaltim Post terdapat beberapa jenis cacat yang ditemukan yaitu warna tinta kabur, lipatan yang tidak simetris dan kertas kotor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil diagram kontrol multivariat berdasarkan jarak *chi-square*. Diagram kontrol ini digunakan Hasil penelitian menunjukkan bahwa diagram kontrol multivariat berdasarkan jarak *chi-square* untuk nilai koefisien sigma $k = 5$, $k = 6$ semua titik berada didalam batas kendali, sehingga dapat dikatakan diagram kontrol telah terkendali. Sedangkan untuk nilai $k = 1$ terkendali setelah dilakukan perbaikan sebanyak 39 kali, $k = 2$ sebanyak 9 kali perbaikan, $k = 3$, $k = 4$ dan k yang bervariasi berdasarkan table konversi DPMO Motorola sebanyak 1 kali perbaikan.

Kata Kunci : diagram kontrol multivariat, jarak *chi-square*, koefisien sigma, *out of control*

1. PENDAHULUAN

Perusahaan merupakan salah satu pelaku ekonomi yang mempunyai pengaruh besar terhadap keadaan perekonomian. Perusahaan yang memiliki sistem pengendalian kualitas produk yang baik harus tetap menjaga konsistensinya agar tetap sesuai dengan permintaan konsumen. Menurut Irfan dan Haryono (2015), kualitas merupakan keseluruhan ciri dan karakteristik produk atau jasa yang mampu memuaskan kebutuhan, baik yang dinyatakan secara tegas maupun tersamar. Pengendalian kualitas adalah aktivitas keteknikan dan manajemen, dengan aktivitas itu kita ukur ciri-ciri kualitas produk, membandingkannya dengan spesifikasi atau

persyaratan dan mengambil tindakan yang sesuai apabila terdapat perbedaan antara penampilan yang sebenarnya dan yang standar [7]. Peran dari pengendalian kualitas produk sangat penting bagi perusahaan. Apabila pengendalian kualitas dilakukan dengan baik, maka pimpinan perusahaan akan dapat mengambil tindakan dan kebijakan-kebijakan, menyusun rencana yang baik untuk masa yang akan datang, serta memperbaiki sistem pengendalian atau pengawasan terhadap produk yang sudah dilakukan.

Menurut Montgomery [7], diagram kontrol adalah alat untuk menggambarkan dengan cara yang tepat apa yang dimaksud dengan penelitian statistik. Data sampel dikumpulkan dan digunakan untuk membentuk grafik pengendali dan apabila nilai sampel jatuh didalam batas-batas pengendalian dan tidak memperhatikan sesuatu pola sistematis maka dikatakan proses dalam keadaan terkendali pada tingkat yang ditunjukkan oleh grafik.

Diagram kontrol multivariat berdasarkan jarak chi-kuadrat merupakan salah satu diagram yang dapat digunakan untuk memonitor proses pada data yang bersifat multivariat. Metode pengukuran jarak merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk membuat digram kontrol. Dengan menggunakan ukuran jarak dapat dilihat seberapa besar jarak yang terjadi antara titik-titik dalam pengamatan karakteristik kualitas. Menurut Ye [11], penggunaan diagram kontrol multivariat dengan berdasarkan jarak chi-kuadrat lebih sensitif dalam mendeteksi sinyal *out of control*.

Kaltim Post merupakan perusahaan yang bergerak di bidang media massa yakni surat kabar terbesar di Samarinda, sehingga penulis tertarik untuk melakukan penelitian tersebut dengan menggunakan diagram kontrol

multivariat berdasarkan jarak chi-kuadrat. Terdapat beberapa jenis cacat yang ditemukan dalam produksi yakni warna tinta kabur, lipatan yang tidak simetris dan kertas kotor.

Pada penelitiannya, Iswahyudi menggunakan diagram kontrol multivariat p untuk mengetahui banyaknya kesalahan pada produksi surat kabar Kaltim Post dan hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis cacat yang sering terjadi adalah warna kabur karena mempunyai persentase cacat paling dominan diantara jenis cacat lain yang disebabkan oleh faktor mesin, metode, material, manusia, dan lingkungan. Oleh karena itu penulis ingin mengetahui pengendalian proses produksi surat kabar Kaltim Post menggunakan diagram kontrol multivariat berdasarkan jarak chi-kuadrat dan mengambil judul “Diagram Kontrol Multivariat Berdasarkan Jarak Chi-Kuadrat dengan Studi Kasus Produksi Cacat Surat Kabar Kaltim Post”[5].

2. TINJAUAN PUSTAKA

KUALITAS

Menurut Irwan dan Haryono, kualitas merupakan ciri dan karakteristik secara menyeluruh pada suatu produk atau jasa yang dapat memenuhi kebutuhan. Kualitas merupakan segala sesuatu yang memenuhi keinginan atau memuaskan kebutuhan pelanggan. Sehingga, jelas bahwa memuaskan kebutuhan pelanggan merupakan tujuan utama dalam industri dan bisnis. Kualitas menjadi faktor dasar keputusan konsumen dalam memilih produk dan jasa. Oleh karena itu kualitas adalah faktor kunci yang membawa keberhasilan bisnis dan peningkatan posisi bersaing[4].

PENGENDALIAN KUALITAS

Pengendalian kualitas merupakan cara atau teknik untuk mengendalikan atau mengontrol produksi dengan tujuan agar produk yang dihasilkan stabil dan ideal (berkualitas) sehingga menambah jumlah permintaan konsumen. Pengendalian kualitas sangat diperlukan dalam memproduksi suatu barang atau untuk menjaga kestabilan mutu.

Pengendalian kualitas mempunyai tujuan alat utama yang masing-masing memiliki

peranan penting dalam bagian pengendalian kualitas yaitu [7]:

1. Histogram
2. *Check Sheet*
3. Diagram Pareto
4. Peta Ishikawa
5. *Defect concentration plot*
6. *Scatter plot*
7. Peta Kendali

Menurut Irwan dan Haryono, mengendalikan proses dapat diselidiki dengan cepat apabila terjadi gangguan proses dan tindakan pembetulan dapat segera dilakukan sebelum terlalu banyak unit yang tidak sesuai dengan standar produksi. Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam pengendalian kualitas antara lain[4]:

1. Segi operator yaitu keterampilan dan keahlian dari manusia yang menangani produk.
2. Segi bahan baku yaitu bahan baku yang dipasok oleh penjual.
3. Segi mesin yaitu jenis mesin dan elemen-elemen mesin yang digunakan dalam proses produksi.

DIAGRAM KONTROL

Diagram kontrol adalah metode statistika yang dapat digunakan sebagai alat ukur dalam mengontrol kualitas pada suatu produk. Menurut Montgomery, diagram kontrol merupakan alat untuk menggabungkan suatu penelitian statistik yang dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai macam cara. Data sampel dikumpulkan dan digunakan untuk membentuk grafik pengendali dan apabila nilai sampel jatuh di dalam batas-batas pengendalian dan tidak memperhatikan sesuatu pola sistematis maka dikatakan proses dalam keadaan terkendali pada tingkat yang ditunjukkan oleh grafik. Bentuk dasar grafik pengendali yang merupakan peragaan grafik suatu karakteristik kualitas yang telah dihitung atau diukur dari sampel terhadap nomor sampel dan waktu [7].

Secara umum diagram kontrol dibedakan atas dua macam, yaitu diagram kontrol variabel dan diagram kontrol atribut (sifat). Diagram kontrol variabel digunakan untuk mengukur karakteristik atau variabel suatu produk. Jenis diagram kontrol variabel meliputi diagram

kontrol rata-rata (\bar{X}) dan *range* (R), diagram kontrol rata-rata (\bar{X}) dan standar deviasi (S), diagram kontrol *moving average* (MA), diagram kontrol EWMA, diagram kontrol CUSUM, dan diagram kontrol multivariat *T-Square*. Sedangkan diagram kontrol atribut digunakan untuk mengukur kualitas dari ketidak sesuaian produk yang di evaluasi dengan ukuran diskrit (lulus/gagal, ya/tidak, baik/buruk). Jenis diagram kontrol atribut meliputi diagram kontrol *p*, diagram kontrol *np*, diagram kontrol *c*, diagram kontrol *u* [4].

Menurut Irwan dan Haryono, bentuk dasar diagram kontrol kontrol ini memuat:

1. Sumbu tegak menyatakan karakteristik kualitas yang sedang diteliti.
2. Sumbu mendatar menyatakan jumlah sampel yang diteliti dimulai dari sampel ke satu, dua, dan seterusnya.
3. Garis tengah dinamakan *Central Line* (CL) menyatakan nilai baku yang menjadi pangkal perhitungan terjadinya penyimpangan hasil-hasil pengamatan dari tiap sampel.
4. Garis bawah yang sejajar dengan garis sentral dinamakan *Lower Control Limit* (LCL) atau batas kontrol bawah yang merupakan penyimpangan paling rendah.
5. Garis atas yang sejajar dengan garis sentral dinamakan *Upper Control Limit* (UCL) atau batas kontrol atas yang merupakan penyimpangan paling tinggi [4].

Menurut Dorothea Wahyu Ariani, suatu proses dikatakan berada dalam kendali statistik apabila nilai pengamatannya berada dalam batas garis UCL dan LCL [1].

UJI NORMALITAS MULTIVARIAT

Uji normalitas pada multivariat sangat kompleks, karena harus dilakukan pada seluruh variabel secara bersama-sama. Namun uji ini dapat juga dilakukan pada setiap variabel dengan logika jika secara individual masing-masing variabel memenuhi asumsi normalitas, maka secara bersama-sama (multivariat) variabel-variabel tersebut dianggap memenuhi asumsi normal [9].

Variabel x_1, x_2, \dots, x_k dikatakan berdistribusi

normal multivariat dengan parameter μ dan Σ jika mempunyai fungsi kepadatan peluang [3]:

$$f(\mathbf{X}) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{1/2}} e^{-1/2(x-\mu)^T \Sigma^{-1}(x-\mu)} \quad (1)$$

Adapun langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai vektor rata-rata (\bar{X}). Rata-rata sampel dapat dihitung dari pengukuran pada masing-masing karakteristik menggunakan persamaan:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_{ij}, j = 1, 2, \dots, k$$

Sehingga didapatkan vektor sampel:

$$\bar{\mathbf{X}} = \begin{pmatrix} \bar{x}_1 \\ \bar{x}_2 \\ \vdots \\ \bar{x}_k \end{pmatrix} \quad (2)$$

2. Menentukan nilai matriks varians-kovarians Variansi dan kovariansi sampel untuk karakteristik ke-*j* dan ke-*k* dengan persamaan:

$$s_{jk} = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ik} - \bar{x}_k) \quad (3)$$

Matriks varians-kovarians sampel:

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1k} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2k} \\ \dots & \dots & \vdots & \dots \\ s_{k1} & s_{k2} & \dots & s_{kk} \end{bmatrix} \quad (4)$$

3. Menentukan nilai jarak Mahalanobis setiap titik pengamatan.

Dengan persamaan:

$$d_i^2 = (\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}})^T \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}}), i = 1, 2, \dots, m$$

dimana:

d_i^2 : nilai jarak kuadrat untuk sampe ke-*i*

\mathbf{X}_i : vektor sampel, $i = 1, 2, \dots, m$

$\bar{\mathbf{X}}$: vektor rata-rata

\mathbf{S}^{-1} : invers matriks variansi kovariansi dari sampel

4. Mengurutkan nilai d_i^2 dari nilai terkecil sampai nilai terbesar. Data akan berdistribusi normal multivariat apabila 50% nilai statistik d_i^2 kurang dari $\chi_{(\alpha, df)}^2$, dimana α adalah tingkat signifikansi dan df merupakan jumlah karakteristik kualitas (*p*). Selain dengan menghitung nilai mahalanobis, membuat *scatter plot*

merupakan salah satu cara untuk memeriksa data mengikuti distribusi normal multivariat. Data berdistribusi normal multivariat jika plot mendekati garis lurus [6].

UJI KORELASI

Analisis korelasi adalah cara untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antar variabel misalnya hubungan antara dua variabel. Apabila terdapat hubungan antara variabel maka perubahan perubahan yang terjadi pada salah satu variabel akan mengakibatkan terjadinya perubahan pada variabel lainnya.

Korelasi *moment pearson* merupakan korelasi yang paling banyak digunakan untuk melihat ukuran korelasi linear antar dua variabel. Menurut Pramana, dkk [8], korelasi *moment pearson* pada prinsipnya adalah untuk melihat korelasi antar dua variabel (*bivariate model*) yang memiliki skala interval atau rasio. Selain persyaratan skala data, korelasi *pearson* ini juga mensyaratkan data haruslah berdistribusi normal dan sampel yang diteliti mempunyai sifat homogen atau mendekati homogen. Adapun rumus koefisien korelasi *pearson* sebagai berikut:

$$r = \frac{m \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[m \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][m \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} \quad (5)$$

Untuk memberikan penafsiran terhadap koefisien korelasi, maka dapat berpedoman pada ketentuan yang tertera pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Pedoman Interpretasi terhadap Koefisien Koelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat Rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat Kuat

Sumber: (Sugiyono, 2011).

DIAGRAM KONTROL MULTIVARIAT BERDASARKAN JARAK CHI-KUADRAT

Diagram kontrol multivariat berdasarkan jarak

chi-kuadrat merupakan salah satu diagram yang dapat digunakan untuk memonitor proses pada data yang bersifat multivariat. Metode pengukuran jarak merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk membuat digram kontrol. Dengan menggunakan ukuran jarak dapat dilihat seberapa besar jarak yang terjadi antara titik-titik dalam pengamatan karakteristik kualitas.

Hotelling's T² adalah standar teknik SPC multivariat. Beberapa studi telah dilakukan untuk menguji kinerja dari *hotelling's T²*. Hasil studi ini menunjukkan bahwa semakin tinggi jumlah variabel, kinerja dari tes *hotelling's T²* untuk mendeteksi pergeseran dari mean proses benar-benar turun. Lebih jauh lagi, jarak uji statistik konvensional *hotelling T²* memerlukan invers varians kovarians matriks. Bagi kebanyakan kumpulan data di dunia nyata, sering kali sulit untuk menghitung invers dari matriks varians kovarians karena masalah kolinearitas diantara variabel [12].

Untuk mengatasi masalah diatas dikembangkan metode lain yaitu dengan menggunakan jarak chi-kuadrat untuk menggantikan ukuran jarak *hotteling T²*. Prosedur ini dikembangkan untuk mempermudah pendeteksian pergeseran *mean* pada jumlah variabel yang cukup banyak dimana prosedur lain sulit melakukannya. Ukuran jarak *hotteling T²* dapat diganti dengan jarak χ^2 pada prosedur pengontrolan dengan jarak chi-kuadrat [12]:

$$\chi_i^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(P_{ij} - \bar{P}_{.j})^2}{\bar{P}_{.j}} \quad (6)$$

dimana:

P_{ij} : Proporsi cacat pengamatan ke *i* pada variabel ke *j*

$\bar{P}_{.j}$: Rata-rata proporsi cacat variabel ke *j*

Jarak chi-kuadrat merupakan nilai jumlahan kuadrat dari setiap jarak antara proporsi cacat. Proporsi cacat dihitung menggunakan rumus:

$$P_{ij} = \frac{n_{ij}}{n} \quad (7)$$

dengan n_{ij} adalah banyak cacat pada amatan ke-*i* dan variabel ke-*j*, dan *n* adalah banyak sampel yang digunakan untuk setiap amatan. Nilai $\bar{P}_{.j}$

adalah rata-rata proporsi cacat masing-masing variabel.

$$\bar{P}_{.j} = \frac{\sum_{i=1}^m P_{ij}}{m} \quad (8)$$

Nilai *mean* diestimasi dari nilai rata-rata $\bar{\chi}^2$ dengan rumus perhitungan:

$$\bar{\chi}^2 = \frac{\sum_{i=1}^m \chi_i^2}{m} \quad (9)$$

Sedangkan nilai standard deviasi di estimasi dari standard deviasi dengan perhitungan:

$$S_{\bar{\chi}^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (\chi_i^2 - \bar{\chi}^2)^2}{m - 1}} \quad (10)$$

Batas kendali untuk mendeteksi penyimpangan *out of control* didapatkan dari batas kendali 3σ yang ditentukan dengan batas atas (UCL) $\bar{\chi}^2 + 3S_{\bar{\chi}^2}$. Hanya digunakan batas kendali atas saja karena jarak selalu bernilai positif [12]

$$\begin{aligned} UCL &= \bar{\chi}^2 + 3S_{\bar{\chi}^2} \\ CL &= \bar{\chi}^2 \\ LCL &= 0 \end{aligned} \quad (11)$$

Pada penelitian Bagus [12] menggunakan batas kendali 3σ . Namun pada penelitian ini penulis ingin mencari nilai koefisien sigma (*k*) setiap pengamatan dengan mengkonversi nilai *defect per million opportunity* (DPMO) menggunakan persamaan:

$$DPMO = \frac{\text{Cacat}}{\text{Banyak Unit yang Diperiksa} \times CTQ} \times 1.000.000 \quad (12)$$

Dengan banyak unit yang diperiksa adalah banyak sampel. Nilai CTQ adalah banyak variabel jenis cacat. Setelah didapatkan nilai DPMO untuk setiap pengamatan, menghitung nilai koefisien sigma (*k*) untuk setiap pengamatan dengan melihat tabel Konversi DPMO Motorola [2].

GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN KALTIM POST

Kaltim Post berpusat di Jalan Soekarno Hatta KM 3,5 Balikpapan dan mempunyai perwakilan kantor di Samarinda yang beralamat di Jalan Untung Suropati. Kaltim Post yang merupakan salah satu perusahaan pers adalah

anak perusahaan dari Jawa Post Group yang sekarang jaringannya mencapai 150 anak media cetak yang merambah di seluruh Indonesia, 20 stasiun tv, dan puluhan radio. Pada saat ini Kaltim Post telah menjangkau seluruh daerah di Kalimantan Timur dan yang terbesar adalah Samarinda dan Balikpapan.

BAHAN BAKU PRODUKSI SURAT KABAR KALTIM POST

Bahan baku yang digunakan oleh Kaltim Post sebagai berikut:

1. Kertas
Kaltim Post menggunakan kertas koran dengan *gramatur* 45 gram/m²
2. Tinta
Proses produksi koran Kaltim Post menggunakan tinta berwarna pekat dengan 4 warna yaitu *cyan* (biru), *magenta* (merah), *yellow* (kuning), dan *black* (hitam).
3. Air Pembasah
Air pembasah digunakan untuk membersihkan tinta dari daerah *non-image* pada pelat.
4. Pelat Cetak
Pelat yang digunakan adalah *negative plate* dari aluminium.
5. *Plate Cleaner*
Plate cleaner merupakan cairan untuk membersihkan bagian dari pelat cetak yang terkena oksidasi maupun goresan kecil.
6. *Blanket*
Blanket adalah salah satu komponen yang berpengaruh pada proses percetakan karena *blanket* berfungsi untuk mengirimkan *image* dari pelat menuju kertas.
7. *Wash Blanket*
Wash blanket merupakan cairan yang digunakan untuk membersihkan permukaan *blanket*.

JENIS CACAT SURAT KABAR KALTIM POST

Pada proses produksi surat kabar Kaltim Post, terdapat 3 jenis cacat yang paling dominan sebagai berikut:

1. Warna Kabur
Yaitu salah cetak karena penyerapan warna pada tulisan dan gambar di koran tidak merata sehingga terlihat kabur.

2. Tidak Simetris
Yaitu salah cetak karena kesalahan mesin pada saat tahap pelipatan (*folding*) sehingga mengakibatkan lipatan tidak simetris (menceng).
3. Kotor
Yaitu salah cetak karena halaman koran kotor dimana terdapat bercak tinta dilembaran koran.

3. METODOLOGI

Data yang digunakan merupakan data hasil produksi cacat percetakan surat kabar Kaltim Post bulan Juli sampai dengan bulan Agustus tahun 2017. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah data cacat surat kabar Kaltim Post dengan karakteristik kualitas sebagai berikut:

1. Warna kabur (X_1)
2. Tidak simetris (X_2)
3. Kotor (X_3)

Tabel 2. Struktur Data Cacat

Pengamatan (i)	Sampel (n)	Cacat (j)			Jumlah Cacat
		X_1	X_2	X_3	
1	9000	n_{11}	n_{12}	n_{13}	
2	9000	n_{21}	n_{22}	n_{23}	
3	9000	n_{31}	n_{32}	n_{33}	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
42	9000	n_{421}	n_{422}	n_{423}	

Prosedur Analisis

Pada penelitian ini, data yang didapat akan diolah dan dianalisis melalui tahap-tahap sebagai berikut:

1. Analisis statistika deskriptif.
2. Melakukan pengujian normal multivariat.
3. Menghitung korelasi antar variabel jenis cacat produksi.
4. Menghitung proporsi berdasarkan jenis cacat dan rata-rata proporsi cacat masing-masing variabel.
5. Menghitung nilai χ_i^2 dan rata-rata chi-kuadrat $\bar{\chi}^2$.
6. Menghitung nilai standar deviasi.
7. Menghitung nilai DPMO.
8. Menghitung nilai UCL, CL dan LCL.
9. Membuat grafik pengendali. Apabila proses belum terkendali, maka dilakukan

perbaikan dengan menghilangkan nilai amatan satu persatu yang berada di luar batas kendali dan melakukan perhitungan nilai UCL yang baru. Perbaikan tersebut dilakukan hingga proses terkendali.

10. Membandingkan hasil diagram kontrol sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan.

4. PEMBAHASAN

Statistika Deskriptif

Analisi statistika deskriptif digunakan untuk data hasil produksi surat kabar Kaltim Post berdasarkan jenis kecacatan dilakukan dengan membuat tabulasi pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Statistika Deskriptif Data Produksi

Variabel	N	Mean	Maks	Min
X_1	42	153,6	196	130
X_2	42	137,6	188	107
X_3	42	152,2	183	112

Pada Tabel 3 dapat diketahui data hasil produksi surat kabar Kaltim Post berdasarkan jenis kecacatan dibagi menjadi 3 jenis kecacatan yakni warna kabur (X_1), tidak simetris (X_2) dan kotor (X_3). Hasil produksi bulan Juli sampai Agustus 2017 dengan variabel X_1 memiliki nilai *mean* sebesar 153,6 atau 154 lembar perhari. Nilai kecacatan maksimum sebesar 196 lembar dan nilai kecacatan minimum sebesar 130 lembar surat kabar. Variabel X_2 memiliki nilai *mean* sebesar 137,6 atau 138 lembar perhari. Nilai kecacatan maksimum sebesar 188 lembar dan nilai kecacatan minimum sebesar 107 lembar surat kabar. Sedangkan untuk variabel X_3 memiliki nilai *mean* sebesar 152,2 atau 152 lembar perhari. Nilai kecacatan maksimum sebesar 183 lembar dan nilai kecacatan minimum sebesar 112 lembar surat kabar.

Uji Normalitas Multivariat

Hipotesis:

H_0 : Data produksi surat kabar berdasarkan jenis kecacatan berdistribusi normal multivariat.

H_1 : Data produksi surat kabar berdasarkan jenis kecacatan tidak berdistribusi normal multivariat.

Taraf Signifikansi

$$\alpha = 5\%$$

Statistik Uji

$$d_i^2 = (\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}})^T \mathbf{S}^{-1}(\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}})$$

Daerah Kritis

H_0 gagal ditolak apabila 50% nilai statistik $d_i^2 \geq \chi^2_{(\alpha,df)} / p\text{-value} < \alpha$

Keputusan

Karena terdapat lebih dari 50% jarak $d_i^2 \leq \chi^2_{(0,05;3)} = 7,815$ maka H_0 gagal ditolak.

Kesimpulan

Data produksi surat kabar berdasarkan jenis kecacatan berdistribusi normal multivariat.

Setelah dilakukan uji normalitas multivariat diketahui data produksi surat kabar Kaltim Post berdasarkan jenis kecacatan berdistribusi normal multivariat dan telah memenuhi syarat untuk peneliti menggunakan diagram kontrol multivariat berdasarkan jarak chi-kuadrat.

Uji Korelasi

Setelah dilakukan uji normalitas multivariat, maka dilakukan uji korelasi antar variabel berdasarkan jenis kecacatan warna kabur (X_1) dan tidak simetris (X_2), warna kabur (X_1) dan kotor (X_3), tidak simetris (X_2) dan kotor (X_3) pada Table 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Koefisien Korelasi *Paerson* antar Variabel

Variabel	Pearson	P-Value	Kesimpulan
X_1 - X_2	-0,224	0,154	Tidak Signifikan
X_1 - X_3	-0,425	0,005	Signifikan
X_2 - X_3	-0,179	0,256	Tidak Signifikan

Pada Tabel 4 dapat diketahui koefisien korelasi antara variabel X_1 dan X_2 sebesar -0,224 yang berarti hubungan antara variabel X_1 dan X_2 ialah rendah. Arah hubungan antar variabel X_1 dan X_2 ialah negatif yang berarti semakin banyak jenis cacat warna kabur maka semakin sedikit jenis cacat tidak simetris, dan begitu pula sebaliknya. Sedangkan nilai *p-value* pada variabel X_1 dan

X_2 sebesar 0,154 lebih besar dari nilai α (0,05), sehingga dapat disimpulkan tidak terdapat korelasi antara variabel X_1 dan X_2 .

Koefisien korelasi antara variabel X_1 dan X_3 sebesar -0,425 yang berarti hubungan antara variabel X_1 dan X_3 ialah sedang. Arah hubungan antar variabel X_1 dan X_3 ialah negatif yang berarti semakin banyak jenis cacat warna kabur maka semakin sedikit jenis cacat kotor, dan begitu pula sebaliknya. Sedangkan nilai *p-value* pada variabel X_1 dan X_3 sebesar 0,005 lebih kecil dari nilai α (0,05), sehingga dapat disimpulkan terdapat korelasi antara variabel X_1 dan X_3 .

Koefisien korelasi antara variabel X_2 dan X_3 sebesar -0,179 yang berarti hubungan antara variabel X_2 dan X_3 ialah sangat rendah. Arah hubungan antar variabel X_2 dan X_3 ialah negatif yang berarti semakin banyak jenis cacat tidak simetris maka semakin sedikit jenis cacat kotor, dan begitu pula sebaliknya. Sedangkan nilai *p-value* pada variabel X_2 dan X_3 sebesar 0,256 lebih besar dari nilai α (0,05), sehingga dapat disimpulkan tidak terdapat korelasi antara variabel X_2 dan X_3 .

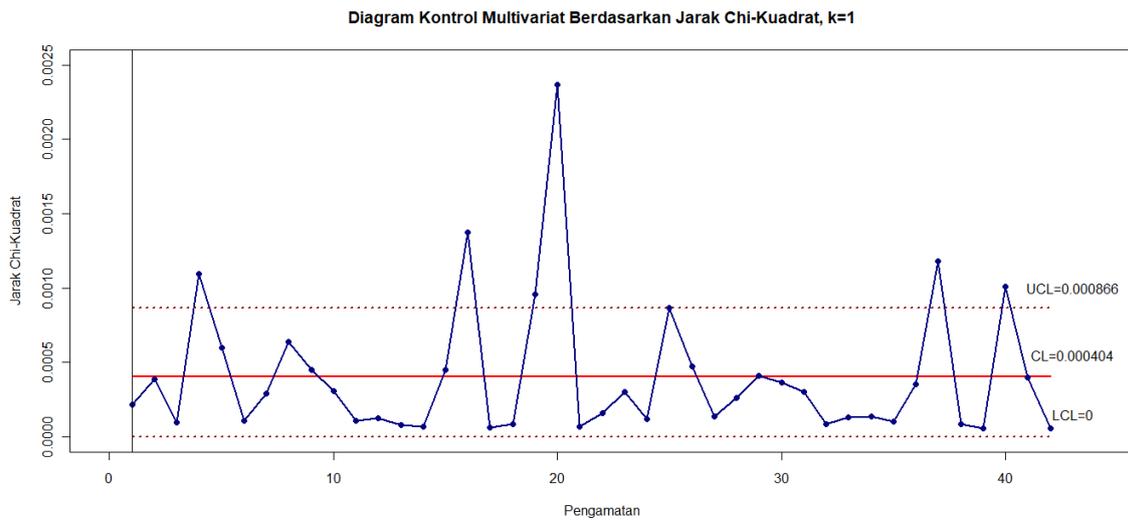
Setelah dilakukan uji korelasi antar variabel dapat diketahui variabel jenis kecacatan warna kabur X_1 dan kotor X_3 yang berkorelasi, sehingga hanya variabel jenis kecacatan warna kabur X_1 dan kotor X_3 yang dapat digunakan pada diagram kontrol multivariat berdasarkan jarak chi-kuadrat.

Berdasarkan Gambar 1 sampai dengan Gambar 6 diperoleh nilai UCL yang berbeda-beda dan hasil dari masing-masing diagram kontrol multivariat berdasarkan jarak chi-

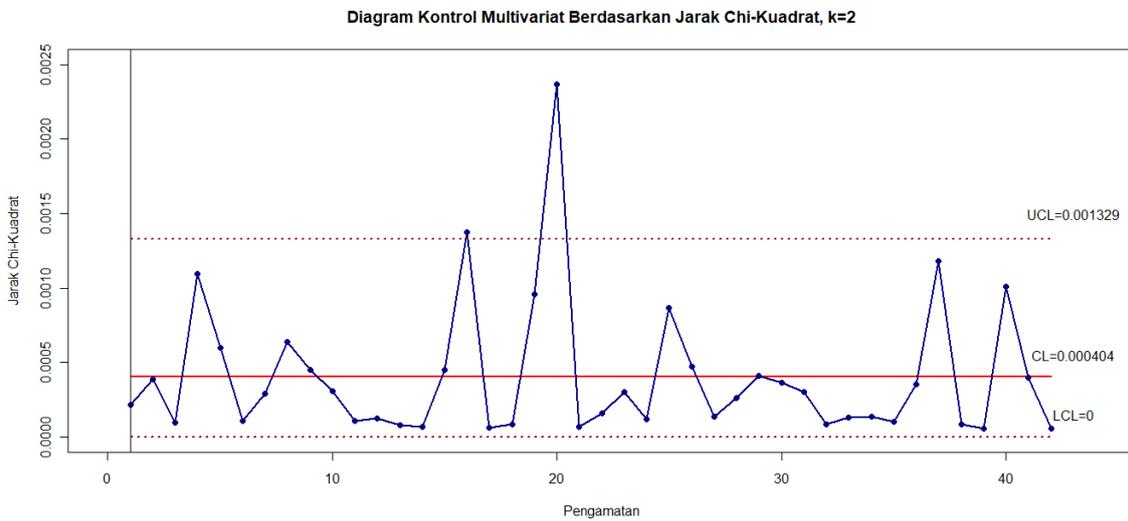
Tabel 5. Jumlah Titik Diluar Kendali Sebelum Perbaikan

k	UCL	CL	LCL	Jumlah Titik Diluar Kendali
1	0,000866	0,000404	0	6
2	0,001329	0,000404	0	2
3	0,001791	0,000404	0	1
4	0,002254	0,000404	0	1
5	0,002716	0,000404	0	-
6	0,003179	0,000404	0	-

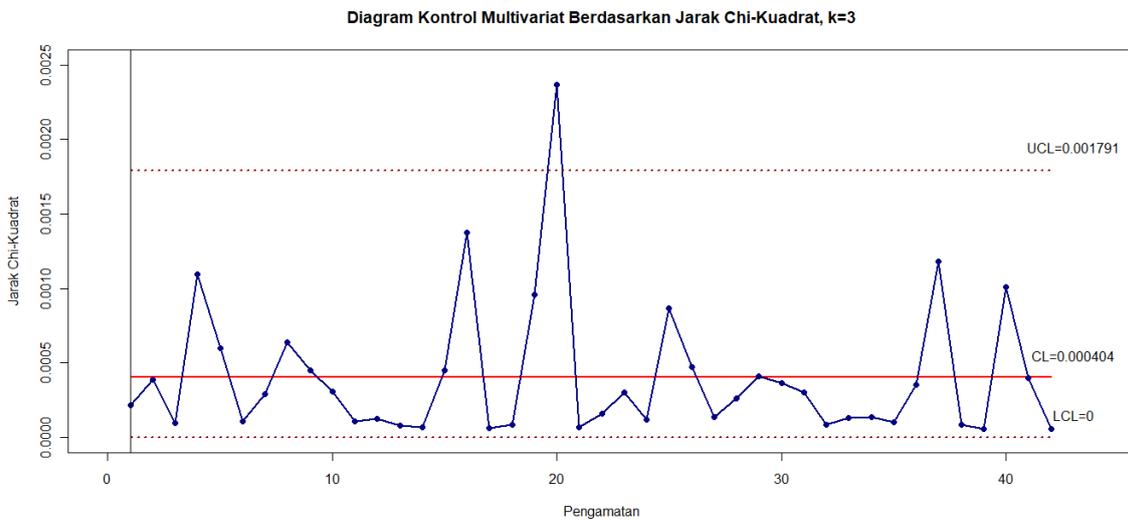
Diagram Kontrol Multivariat Berdasarkan Jarak Chi-Kuadrat



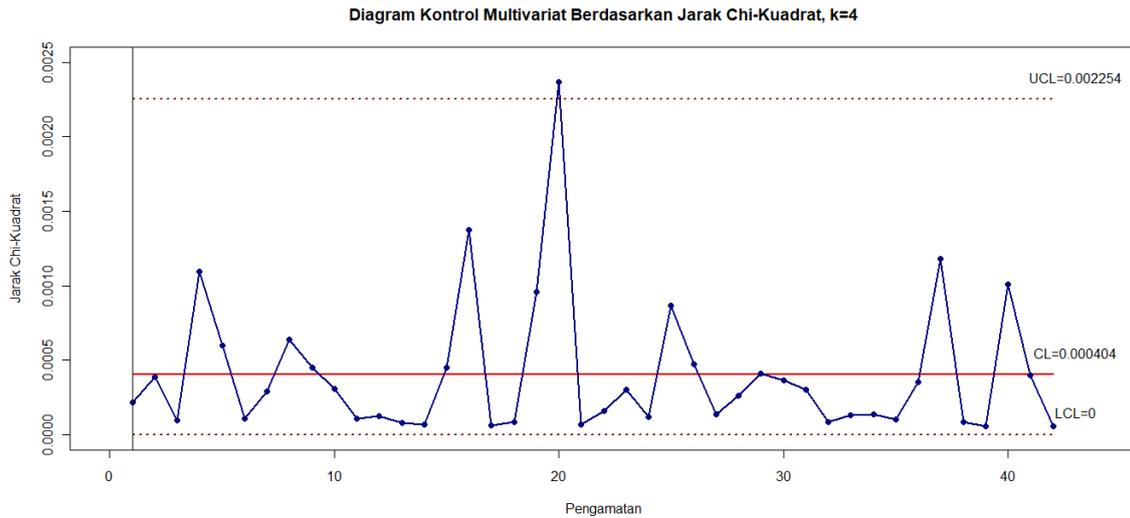
Gambar 1. Diagram kontrol multivariat berdasarkan jarak chi-kuadrat ($k = 1$)



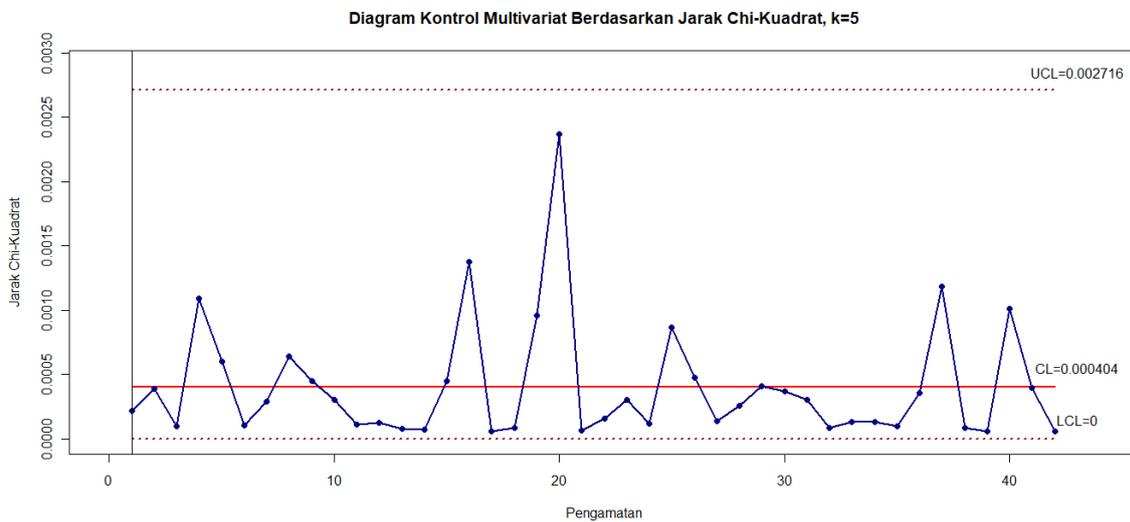
Gambar 2. Diagram kontrol multivariat berdasarkan jarak chi-kuadrat ($k = 2$)



Gambar 3. Diagram kontrol multivariat berdasarkan jarak chi-kuadrat ($k = 3$)



Gambar 4. Diagram kontrol multivariat berdasarkan jarak chi-kuadrat ($k = 4$)



Gambar 6. Diagram kontrol multivariat berdasarkan jarak chi-kuadrat ($k = 6$)

-kuadrat menyatakan adanya beberapa titik *out of control* hal ini dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut:

Pada Tabel 5 dapat diketahui diagram kontrol multivariat berdasarkan jarak chi-kuadrat dengan $k = 5$ dan $k = 6$ telah terkendali karena titik pengamatan yang berada didalam batas kendali. Sedangkan untuk $k = 1$, $k = 2$, $k = 3$ dan $k = 4$ tidak terkendali secara statistik karena terdapat titik pengamatan yang berada diluar batas kendali, sehingga perlu dilakukan perbaikan dengan menghilangkan pengamatan yang berada diluar batas kendali dan menghitung kembali nilai UCL, CL yang baru. Berikut nilai batas kendali baru dan jumlah perbaikan yang dilakukan pada Tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6. Nilai Batas Kendali dan Jumlah Perbaikan

k	UCL	CL	LCL	Jumlah Perbaikan
1	0,000062	0,000060	0	39
2	0,000487	0,000208	0	9
3	0,001397	0,000356	0	1
4	0,001744	0,000356	0	1

Pada Tabel 6 dapat diketahui diagram kontrol multivariat berdasarkan jarak chi-kuadrat dengan $k = 1$ dilakukan perbaikan sebanyak 39 kali dan terkendali pada UCL sebesar 0,000062, CL sebesar 0,000060, LCL sebesar 0. Untuk $k = 2$ dilakukan perbaikan sebanyak 9 kali dan terkendali pada UCL sebesar 0,000487, CL sebesar 0,000208, LCL sebesar 0. Sedangkan k

= 3 dan $k = 4$ dilakukan perbaikan sebanyak 1 kali.

Selanjutnya menghitung nilai koefisien sigma (k) dengan mengkonversi nilai *defect per million opportunity* (DPMO) motorola dan menghitung nilai UCL dan CL masing-masing setiap pengamatan.

Berikut hasil perhitungan nilai UCL dan nilai koefisien sigma (k) yang bervariasi berdasarkan tabel konversi DPMO motorola pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai UCL dan k Bervariasi Berdasarkan Tabel Konversi DPMO Motorola

i	k	UCL	i	k	UCL
1	3,61	0,002073	22	3,61	0,002073
2	3,60	0,002069	23	3,60	0,002069
3	3,63	0,002083	24	3,64	0,002087
4	3,66	0,002097	25	3,66	0,002097
5	3,61	0,002073	26	3,62	0,002078
6	3,59	0,002064	27	3,58	0,002060
7	3,58	0,002060	28	3,59	0,002064
8	3,61	0,002073	29	3,61	0,002073
9	3,63	0,002083	30	3,62	0,002078
10	3,64	0,002087	31	3,64	0,002087
12	3,58	0,002060	33	3,59	0,002064
13	3,65	0,002092	34	3,65	0,002092
14	3,60	0,002069	35	3,60	0,002069
15	3,61	0,002073	36	3,62	0,002078
16	3,67	0,002101	37	3,67	0,002101
17	3,61	0,002073	38	3,58	0,002060
18	3,61	0,002073	39	3,61	0,002073
19	3,62	0,002078	40	4,07	0,002286
20	3,65	0,002092	41	3,99	0,002249
21	3,62	0,002078	42	4,01	0,002258

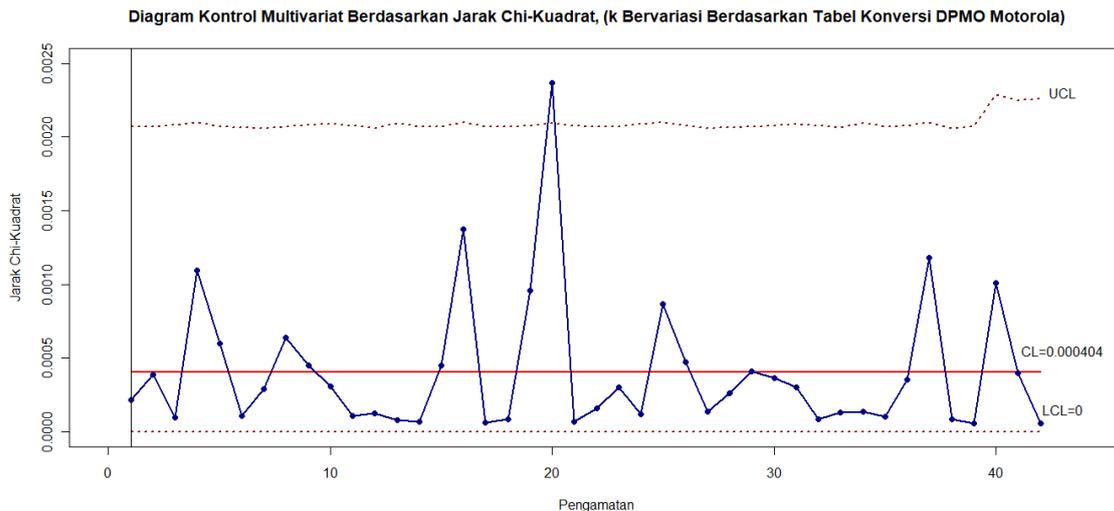
Pada Gambar 7 diketahui bahwa diagram kontrol multivariat berdasarkan jarak chi-kuadrat dengan k bervariasi berdasarkan tabel konversi DPMO Motorola terdapat 1 titik pengamatan yang berada di luar batas kendali

dengan UCL pada Tabel 7, CL sebesar 0,000404, dan LCL sebesar 0. Sehingga dapat dikatakan diagram kontrol multivariat berdasarkan jarak chi-kuadrat dengan k bervariasi pada data cacat produksi surat kabar Kaltim Post Tahun 2017 tidak terkendali secara statistik.

Selanjutnya dilakukan perbaikan dengan menghilangkan pengamatan ke-20. Hasil perhitungan didapatkan nilai CL sebesar 0,000356 dan nilai UCL untuk k bervariasi berdasarkan tabel konversi DPMO motorola pada Tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 8. Nilai UCL dengan k bervariasi setelah dilakukan perbaikan.

i	k	UCL	i	k	UCL
1	3,61	0,000216	22	3,61	0,000159
2	3,60	0,000388	23	3,60	0,000305
3	3,63	0,000097	24	3,64	0,000123
4	3,66	0,001094	25	3,66	0,000870
5	3,61	0,000600	26	3,62	0,000476
6	3,59	0,000107	27	3,58	0,000137
7	3,58	0,000289	28	3,59	0,000261
8	3,61	0,000639	29	3,61	0,000412
9	3,63	0,000449	30	3,62	0,000368
10	3,64	0,000307	31	3,64	0,000304
11	3,62	0,000111	32	3,62	0,000085
12	3,58	0,000125	33	3,59	0,000130
13	3,65	0,000079	34	3,65	0,000135
14	3,60	0,000071	35	3,60	0,000102
15	3,61	0,000450	36	3,62	0,000355
16	3,67	0,001376	37	3,67	0,001183
17	3,61	0,000062	38	3,58	0,000084
18	3,61	0,000086	39	3,61	0,000060
19	3,62	0,000959	40	4,07	0,001011
20	-	-	41	3,99	0,000398
21	3,62	0,000067	42	4,01	0,000057



Gambar 7. Diagram kontrol dengan k bervariasi berdasarkan Tabel Konversi DPMO Motorola

5. KESIMPULAN

1. Diagram kontrol multivariat berdasarkan jarak chi-kuadrat pada data cacat Surat Kabar Kaltim Post Tahun 2017 telah terkendali setelah dilakukan beberapa kali perbaikan. Untuk koefisien sigma sebesar 1 terkendali setelah dilakukan perbaikan sebanyak 39 kali, koefisien sigma sebesar 2 sebanyak 9 kali perbaikan, koefisien sigma 3, koefisien sigma sebesar 4 dan koefisien sigma bervariasi berdasarkan table konversi DPMO motorola sebanyak 1 kali perbaikan. Sedangkan untuk koefisien sigma sebesar 5 dan 6 telah terkendali sehingga tidak dilakukan perbaikan pada diagram kontrol.
2. Berdasarkan analisis diketahui bahwa masih terdapat data yang tidak terkendali, maka perlu dilakukan perbaikan dengan cara menghilangkan pengamatan tertinggi yang berada diluar UCL. Hal ini dilakukan untuk mengontrol hasil produksi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariani, D.W. (2005). *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif Dalam Manajemen Kualitas)*. Yogyakarta: AndiOffset.
- [2] Balol, Wirawan Aryanto. (2016). Peningkatan Kualitas Produk Dengan Menerapkan Konsep DAMIC Di Plant Thermoforming PT. TX Pandaan. *Jurnal Ilmiah*, Vol.24, No.2.
- [3] Evans, M. N. Hahstag dan B. Pencock. (2000). *Statistical Distribution, Thrid Edition*. Canada: John Wiley and Sons, Inc.
- [4] Irwan dan Haryono, Didi. (2015). *Pengendalian Kualitas Statistik*. Bandung: Alfabeta.
- [5] Iswahyudi, Bayu. (2018). Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Diagram Kontrol Multivariat p (Studi Kasus : Produksi Surat Kabar Kaltim Post). *Jurnal Exponensial*, Vol.10 , No.1.
- [6] Johnson, R.A. dan Wichern, D.W. (2007). *Applied Multivariate Analysis*, Third Edition, Prentice Hall Inc: New Jersey.
- [7] Montgomery, D.C. (2013). *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 1990.
- [8] Pramana, Setia dkk. (2017). *Dasar-Dasar Statistika dengan Software R Konsep dan Aplikasi Edisi Kedua*. Bogor: In Media.
- [9] Santoso, Singgih. (2015). *Mahir Statistika Multivariat dengan SPSS*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- [10] Sugiyono. (2011). *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- [11] Ye,N., Borrer,C.M., Parmar,D. (2004). A Hybrid SPC Method with the Chi- Square Distance Monitoring Prosedure for Large-

scale, Complex Process Data. *Journal International Quality and Reliability Engineering*, 22:393-402.

- [12] Yuswantana, Bagus. (2010). Pengontrolan Kualitas Produksi Mebel Jenis Kursi Indoor Di PT.Majawana Dengan Diagram Kontrol Mltivariat Atribut Berdasarkan Jarak Chi-Square. *Jurnal Gaussian*, Vol.3 , No.4.