

PENERAPAN DIAGRAM KENDALI D^2
(*MAHALANOBIS DISTANCE*)
DALAM MENGANALISIS KUALITAS PRODUKSI
PENCETAKAN KORAN
(Studi Kasus : Unit Percetakan PT. Padang Graindo
Mediatama)

ELSA FEBRIANI, YUDIANTRI ASDI, HAZMIRA YOZZA

*Program Studi Matematika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas,
Kampus UNAND Limau Manis Padang, Indonesia,
cha.qunyute@yahoo.com*

Abstrak. Kualitas merupakan hal terpenting untuk menarik konsumen dalam menggunakan produk, sehingga perusahaan perlu mengendalikan kualitas produk yang dihasilkan. PT. Padang Graindo Mediatama merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang percetakan, salah satunya mencetak koran Pos Metro Padang. Meskipun telah melakukan perbaikan kualitas, namun masih saja terdapat produk cacat yang tidak sesuai dengan karakteristik kualitas. Untuk menjaga, memperbaiki, dan memonitor kualitas digunakan diagram kendali. Diagram kendali D^2 (*Mahalanobis Distance*) adalah diagram kendali yang menggunakan karakteristik kualitas multivariat atribut. Atribut yang dipakai dalam pencetakan koran adalah Tidak Register (X_1), Terpotong (X_2), Warna Kabur (X_3), dan Kotor (X_4). Dengan menerapkan diagram kendali D^2 diperoleh bahwa proses pencetakan Pos Metro Padang pada bulan Januari 2015 belum terkendali. Hal ini dikarenakan masih terdapat enam dari 31 pengamatan yang berada di luar batas kendali dan ketidakterkendalian ini terutama disebabkan oleh warna kabur.

Kata Kunci: Kualitas, Diagram kendali, Multivariat, Diagram kendali D^2

1. Pendahuluan

Kualitas barang atau jasa yang dihasilkan sebuah perusahaan merupakan hal terpenting yang perlu diperhatikan, baik dalam bidang bisnis maupun industri. Demikian juga halnya pada usaha pencetakan koran. Koran merupakan salah satu media alternatif untuk mendapatkan informasi dan menambah wawasan/ilmu. Meskipun informasi yang disajikan merupakan hal yang utama dalam kepuasan konsumen, namun bagi konsumen tampilan pada sebuah koran sangat berpengaruh dalam keputusan mereka untuk memilih koran tersebut. Tampilan yang dimaksud berupa warna tulisan/gambar, pemotongan dan lipatan, serta kebersihan koran tersebut. Inilah yang menjadi karakteristik kualitas produk pada sebuah koran.

PT. Padang Graindo Mediatama merupakan unit percetakan yang bertugas mencetak beberapa koran, salah satunya adalah Koran Pos Metro Padang. Unit percetakan ini selalu berusaha untuk menghasilkan koran dengan kualitas terbaik yang sesuai dengan karakteristik kualitas. Meskipun sudah melakukan per-

baikan kualitas, masih tetap ada produk cacat. Untuk itu, unit percetakan ini perlu melakukan pengendalian kualitas produk yang dihasilkannya. Salah satu upaya untuk mengendalikan kualitas produk yang dihasilkan adalah dengan menggunakan pengendalian kualitas statistik seperti diagram kendali.

Dalam pengendalian kualitas statistika, adakalanya ditemukan kasus yang harus menggunakan variabel lebih dari satu atau biasa disebut kasus multivariat. Untuk pengendalian kualitas pada kasus multivariat, diagram kendali yang dapat digunakan adalah diagram kendali multivariat, salah satunya adalah diagram kendali D^2 (*Mahalanobis Distance*).

Diagram kendali D^2 ini merupakan salah satu diagram kendali yang dapat digunakan untuk konsep multivariat yaitu kasus multinomial. Disamping itu, diagram kendali D^2 ini memperhitungkan berbagai kategori cacat secara mendalam untuk meningkatkan sensitivitas dalam mendeteksi pergeseran. Oleh karena itu, untuk memahami kinerja secara keseluruhan proses dalam mempertimbangkan cacat pada saat yang sama, maka diagram kendali D^2 ini sangat efektif digunakan [5].

Dalam penelitian ini akan dilihat bagaimana analisis keterkendalian kualitas produksi pencetakan koran Pos Metro Padang dengan menerapkan diagram kendali D^2 . Data yang digunakan adalah data cacat produksi koran Pos Metro Padang pada bulan Desember 2014 dan bulan Januari 2015. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis keterkendalian kualitas produksi pencetakan koran Pos Metro Padang berdasarkan jenis kecacatan yang terjadi pada proses pencetakan koran dengan menerapkan diagram kendali D^2 pada PT. Padang Graindo Mediatama.

2. Beberapa Definisi

2.1. *Diagram Pareto*

Diagram pareto merupakan alat pengendalian kualitas statistik untuk melakukan perbaikan kualitas [4]. Diagram ini berbentuk histogram frekuensi ketidaksesuaian (cacat) berdasarkan penyebab ketidaksesuaian dan diurut mulai dari frekuensi paling besar sampai paling kecil. Variabel yang diutamakan dalam perbaikan proses adalah variabel yang paling banyak menyebabkan proses tidak terkendali, sehingga dapat diketahui faktor yang dominan dan yang tidak.

2.2. *Uji Korelasi*

Uji korelasi adalah metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara dua variabel. Selain dapat mengetahui derajat keeratan hubungan korelasi juga dapat digunakan untuk mengetahui arah hubungan dua variabel numerik. Salah satu metode perhitungan koefisien korelasi adalah metode Pearson yang digunakan untuk melihat hubungan antara variabel minimal berskala interval atau rasio, dan sumber data dari dua variabel atau lebih adalah sama [5].

2.3. *Diagram Kendali D^2 (Mahalanobis Distance)*

Diagram kendali D^2 merupakan diagram kendali multivariat atribut yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas berdasarkan proporsi cacat dengan jenis cacat

jumlahnya lebih dari satu [5].

Misalkan tersedia i pengamatan dengan $i = 1, 2, 3, \dots, m$, n_i adalah ukuran sampel pada setiap pengamatan ke- i , X_j adalah variabel yang menjadi karakteristik kualitas dengan $j = 1, 2, \dots, k$, maka layout data diagram kendali D^2 berdasarkan proporsi kecacatan adalah sebagai berikut.

Tabel 1. *Layout* Data Diagram Kendali D^2 dengan Proporsi Ketidaksesuaian

Pengamatan ke -	Variabel			
	X_1	X_2	...	X_k
1	p_{11}	p_{12}	...	p_{1k}
2	p_{21}	p_{22}	...	p_{2k}
⋮	⋮	⋮		⋮
i	p_{i1}	p_{i2}	...	p_{ik}
⋮	⋮	⋮		⋮
m	p_{m1}	p_{m2}	...	p_{mk}
	\bar{p}_1	\bar{p}_2		\bar{p}_k

Pada Tabel 1 dijelaskan bahwa pada setiap pengamatan ke- i diperoleh nilai proporsi dari masing-masing variabel, p_{ij} , dimana p_{ij} merupakan proporsi ketidaksesuaian pengamatan ke- i , variabel ke- j . Selain itu diperoleh rata-rata proporsi dari masing-masing variabel, p_j , dimana p_j merupakan rata-rata proporsi ketidaksesuaian variabel ke- j . Jadi

$$p_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_i}, \tag{2.1}$$

$$\bar{p}_j = \frac{\sum_{i=1}^m p_{ij}}{m}. \tag{2.2}$$

Prinsip jarak Mahalanobis adalah menghitung jarak di ruang multidimensional antara sebuah pengamatan dengan pusat dari semua pengamatan [2]. Konsep perhitungan diagram kendali D^2 diperoleh berdasarkan perhitungan statistik T^2 Hotelling [5]. Jika $X \sim N_p[\mu, \Sigma]$, dan \bar{X} adalah vektor rata-rata dan S merupakan matriks varians kovarian dari X dengan sampel ukuran n , maka dalam [3] diperoleh bahwa

$$(n - 1) (\bar{X} - \mu)^T S^{-1} (\bar{X} - \mu) \sim T_{(k, n-1)}^2 \tag{2.3}$$

dimana k adalah banyak variabel.

Misalkan terdapat m pengamatan dengan k karakteristik kualitas, maka $\mathbf{p}_i^T = [p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{ik}]$ adalah vektor proporsi pengamatan ke- i untuk setiap variabel terhadap n_i yang merupakan ukuran sampel pada pengamatan ke- i dengan $i = 1, 2, \dots, m$, dengan $\mathbf{p}_i^T \sim$ multinomial dengan parameter $\bar{\mathbf{p}}_i^T \cdot \mathbf{p}_i^T$ adalah proporsi kategori cacat dan kategori tidak cacat, sehingga diperoleh $\sum_{j=1}^k p_{ij} = 1$.

Dalam [3], diberikan perhitungan jarak Mahalanobis pada multinomial untuk masing-masing pengamatan sebagai berikut.

$$D_i^2 = (p_i - \bar{p})^T \sum_i (p_i - \bar{p}) \quad (2.4)$$

dengan : $\mathbf{p}_i = [p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{ik}]^T$, $\bar{\mathbf{p}} = [\bar{p}_1, \bar{p}_2, \dots, \bar{p}_k]^T$, $\Sigma_i^- = \text{generalized inverse}$ matriks Σ_i , dan Σ_i = matriks varian kovarian dari vektor p_i dan nilainya sama dengan $n_i^{-1}\Sigma$, yang mana Σ merupakan matriks singular dengan $\Sigma = [\sigma_{ij}]$.

Jadi diperoleh matriks Σ_i sebagai berikut :

$$\Sigma_i = \frac{1}{n_i} \begin{bmatrix} \bar{p}_1(1-\bar{p}_1) & -\bar{p}_1\bar{p}_2 & \cdots & -\bar{p}_1\bar{p}_k \\ -\bar{p}_2\bar{p}_1 & \bar{p}_2(1-\bar{p}_2) & \cdots & -\bar{p}_2\bar{p}_k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\bar{p}_k\bar{p}_1 & -\bar{p}_k\bar{p}_2 & \cdots & \bar{p}_k(1-\bar{p}_k) \end{bmatrix}$$

Karena matriks Σ merupakan matriks singular, maka digunakan salah satu *generalized invers* dari matriks Σ adalah [3]

$$\Sigma^- = \text{diag} [\bar{p}_1^{-1}, \bar{p}_2^{-1}, \dots, \bar{p}_k^{-1}] \quad (2.5)$$

Dengan demikian matrik Σ_i^- diberikan oleh

$$\Sigma_i^- = n_i \Sigma^- = n_i \text{diag} [\bar{p}_1^{-1}, \bar{p}_2^{-1}, \dots, \bar{p}_k^{-1}] \begin{bmatrix} \frac{n_i}{\bar{p}_1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \frac{n_i}{\bar{p}_2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \frac{n_i}{\bar{p}_k} \end{bmatrix}$$

Jadi persamaan jarak Mahalanobis untuk masing-masing pengamatan adalah

$$D_i^2 = [(p_{i1} - \bar{p}_1)(p_{i2} - \bar{p}_2) \cdots (p_{ik} - \bar{p}_k)] \begin{bmatrix} \frac{n_i}{\bar{p}_1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \frac{n_i}{\bar{p}_2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \frac{n_i}{\bar{p}_k} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_{i1} - \bar{p}_1 \\ p_{i2} - \bar{p}_2 \\ \vdots \\ p_{ik} - \bar{p}_k \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

$$= \sum_{j=1}^k \frac{n_i (p_{ij} - \bar{p}_j)^2}{\bar{p}_j}$$

Berdasarkan konsep diagram kendali D^2 (*Mahalanobis Distance*) sesuai perhitungan statistik T^2 *Hotelling* pada (2.3), maka diperoleh

$$D_{p_i, p}^2 \sim T_{(k-1, n_i)}^2 \quad (2.7)$$

Batas kendali untuk diagram kendali D^2 (*Mahalanobis Distance*) dengan taraf nyata α adalah sebagai berikut [3]:

$$\text{BKA (Batas Kendali Atas)} = T_{k-1, n_i, \alpha}^2 = \left[\frac{n_i (k-1)}{n_i - k + 2} \right] F_{k-1, n_i - k + 2, \alpha} \quad (2.8)$$

$$\text{BKB (Batas Kendali Bawah)} = 0. \quad (2.9)$$

2.4. Identifikasi Variabel Penyebab Pengamatan Tidak Terkendali

Dalam diagram kendali biasanya terdapat variabel yang menyebabkan pengamatan tidak terkendali, sehingga perlu dilakukan identifikasi variabel penyebab pengamatan tidak terkendali tersebut. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mendeteksi pengamatan tak terkendali adalah dengan menguraikan statistik T^2 ke dalam komponen-komponen yang menunjukkan kontribusi dari masing-masing variabel. Jika T^2 adalah sebuah nilai statistik dan $T_{(j)}^2$ adalah sebuah statistik untuk semua variabel proses tanpa variabel ke- j , maka :

$$d_j = T^2 - T_{(j)}^2 \quad (2.10)$$

d_j merupakan indikator kontribusi relatif dari variabel ke- j untuk keseluruhan statistik [4].

Karena diagram kendali yang digunakan adalah diagram kendali D^2 , maka statistik yang digunakan adalah D_i^2 , sehingga perhitungan d_j dilakukan dengan nilai statistik D_i^2 dan $D_{(j)}^2$. Dengan demikian, persamaan yang digunakan untuk perhitungan d_j adalah

$$d_j = D^2 - D_{(j)}^2. \quad (2.11)$$

Perbaikan proses difokuskan pada variabel yang memiliki nilai d_j lebih besar dari $\chi_{(\alpha,1)}^2$. Jika $d_j > \chi_{(\alpha,1)}^2$ maka dapat disimpulkan bahwa variabel ke- j adalah penyebab pengamatan tidak terkendali [4].

3. Metodologi Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data cacat koran Pos Metro Padang bulan Desember 2014 dan Januari 2015. Data sekunder yang diambil dari catatan harian pada unit percetakan PT. Padang Graindo Mediatama. Data diambil dengan menggunakan metode periode waktu. Periode waktu yang digunakan adalah 1 hari untuk 1 pengamatan dengan ukuran sampel 150 eksemplar.

Karakteristik kualitas yang digunakan adalah sebagai berikut :

- (a) *Tidak Register* (X_1) yaitu proporsi koran dengan posisi/layout koran tidak fokus atau agak menggeser sehingga lipatan koran tidak berada tepat sejajar atau melebar melebihi batas toleransi dari perusahaan.
- (b) *Terpotong* (X_2) yaitu proporsi koran dimana pemotongan pada koran yang tidak tepat sesuai ukuran pada mesin, sehingga koran terpotong melebihi garis tepi, tidak rata, dan koran yang dihasilkan menjadi tidak rapi.
- (c) *Warna Kabur* (X_3) yaitu proporsi koran dengan hasil cetakan yang kurang tebal pada kertas sehingga gambar/ foto yang tercetak di koran menjadi kabur atau ngeblur seperti samar-samar/berbayang sehingga tidak terlihat jelas.
- (d) *Kotor* (X_4) yaitu proporsi koran dimana koran yang dihasilkan menghitam dan terdapat ceceran tinta pada koran tersebut, sehingga koran terlihat kotor.
- (e) *Produk yang tidak cacat* (X_5) yaitu proporsi koran dimana koran yang dihasilkan sesuai dengan karakteristik kualitas.

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah kualitas produksi pencetakan koran Pos Metro Padang dengan menerapkan diagram kendali D^2 yang dibagi menjadi dua fase, yaitu fase I dan fase II.

Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut.

Fase I

- (1) Hitung nilai jarak Mahalanobis pada setiap pengamatan.
- (2) Hitung nilai Batas Kendali Atas (BKA).
- (3) Plot setiap nilai D^2 . Jika pengamatan berada di luar batas kendali, dilakukan iterasi kemudian ulangi langkah 1 sampai 3, dan begitu seterusnya hingga diperoleh semua pengamatan berada dalam batas kendali.
- (4) Jika semua pengamatan telah berada dalam batas kendali, maka akan diperoleh taksiran parameter yang merupakan nilai rata-rata masing-masing variabel.

Fase II

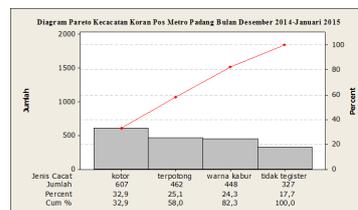
- (1) Hitung nilai jarak Mahalanobis pada setiap pengamatan.
- (2) Hitung nilai Batas Kendali Atas.
- (3) Plot setiap nilai D^2 yang diperoleh .
- (4) Analisis gambar yang diperoleh.
- (5) Identifikasi variabel penyebab pengamatan tidak terkendali.

4. Hasil dan Pembahasan

Berikut akan dipaparkan hasil dari pembahasan dalam penelitian ini.

4.1. Karakteristik Cacat Dominan

Berdasarkan data kecacatan koran Pos Metro Padang bulan Desember 2014 hingga Januari 2015, maka diperoleh diagram pareto dari proses produksi pencetakan koran Pos Metro Padang sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Pareto Karakteristik Cacat Dominan

Dari Gambar 1 dapat kita ketahui bahwa jumlah kecacatan terbesar pertama adalah variabel kotor (X_4) dengan persentase sebesar 32,9% atau sebanyak 607 cacat, kedua adalah variabel terpotong (X_2) yaitu sebesar 25,1% atau sebanyak 462 cacat. Jumlah kecacatan untuk variabel warna kabur (X_3) adalah sebesar 24,3% atau sebanyak 448 cacat dan variabel tidak register (X_1) sebesar 17,7% atau sebanyak 327 cacat.

4.2. Uji Korelasi Antar Variabel

Hipotesis yang diuji pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \rho = 0, \text{ (Tidak ada korelasi antar variabel)}$$

$$H_1 : \rho \neq 0, \text{ (Ada korelasi antar variabel)}$$

dimana ρ merupakan nilai koefisien korelasi, dan koefisien korelasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah koefisien korelasi *product moment*. Pengujian dilakukan pada taraf nyata 95%.

Tabel 2. Nilai Korelasi Antar Variabel

Variabel	Korelasi	P-Value
X_1 dan X_2	0,442	0,000
X_1 dan X_3	0,177	0,170
X_1 dan X_4	0,372	0,003
X_1 dan X_5	-0,729	0,000
X_2 dan X_3	0,277	0,029
X_2 dan X_4	0,381	0,002
X_2 dan X_5	-0,863	0,000
X_3 dan X_4	0,272	0,033
X_3 dan X_5	-0,500	0,000
X_4 dan X_5	-0,640	0,000

Keterangan: X_1 = Tidak Register, X_2 = Terpotong, X_3 = Warna Kabur, X_4 = Kotor, dan X_5 = Tidak Cacat

Dari Tabel 2 terlihat bahwa nilai *p-value* dari kelima variabel adalah kurang dari $\alpha = 0,05$ kecuali variabel X_1 dan X_3 . Dengan *p-value* $< 0,05$, disimpulkan bahwa pada taraf nyata 95%, terdapat hubungan yang signifikan antar variabel, kecuali variabel X_1 dan X_3 . Karena adanya korelasi antar variabel, maka penerapan digram kendali D^2 dapat dilakukan.

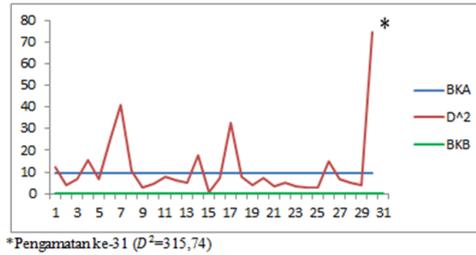
4.3. Penerapan Diagram Kendali D^2 Fase I

Dalam penelitian ini, data yang digunakan dalam penerapan diagram kendali D^2 pada fase I adalah data cacat produksi pencetakan pada bulan Desember 2014.

Pada diagram kendali D^2 (Mahalanobis Distance) fase I, nilai α yang digunakan adalah 0,05, dengan n merupakan ukuran sampel masing-masing pengamatan yaitu 150 eksemplar dan k adalah variabel yang digunakan dan variabel yang tidak cacat yaitu lima, maka diperoleh nilai BKA fase I berdasarkan persamaan (2.8) adalah 9.67 dan BKB adalah 0.

Pada plot terlihat bahwa terdapat 10 pengamatan yang berada di luar batas kendali, yaitu pengamatan ke- 1, 4, 6, 7, 8, 14, 17, 26, 30, dan 31 sehingga dilakukan iterasi. Dalam penelitian ini dilakukan dua kali iterasi, dimana iterasi I dilakukan dengan membuang 10 pengamatan yang tidak terkendali dan iterasi II dilakukan dengan membuang 1 pengamatan yang tidak terkendali yaitu pengamatan ke-21.

Dengan membuang 11 pengamatan yang tidak terkendali tersebut, ini berarti bahwa pada penerapan diagram kendali D^2 fase I telah berada dalam keadaan terkendali. Dengan demikian, diperoleh nilai taksiran parameter.



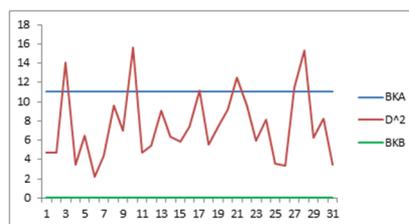
Gambar 2. Diagram Kendali D^2 Fase I

Tabel 3. Nilai Taksiran Parameter

Proporsi Parameter	Nilai
\hat{p}_1	0,04067
\hat{p}_2	0,03967
\hat{p}_3	0,03667
\hat{p}_4	0,06133
\hat{p}_5	0,82167

4.4. Penerapan Diagram Kendali D^2 Fase II

Data yang digunakan dalam penerapan diagram kendali D^2 fase II adalah data kecacatan bulan Januari 2015. Nilai BKA pada diagram kendali D^2 fase II diperoleh sebesar 11,070 dan BKB adalah 0.



Gambar 3. Diagram Kendali D^2 Fase II

Gambar di atas menunjukkan bahwa terdapat pengamatan yang berada di luar batas kendali. Pengamatan yang berada di luar batas kendali tersebut adalah pengamatan ke 3, 10, 17, 21, 27, dan 28.

Hal ini menunjukkan bahwa kualitas produksi koran Pos Metro Padang bulan Januari 2015 belum stabil, karena masih terdapat 19,35 pengamatan berada di luar batas kendali atau sebanyak 6 pengamatan yang tidak terkendali. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi variabel penyebab pengamatan tidak terkendali.

4.5. Identifikasi Variabel Penyebab Pengamatan Tidak Terkendali

Pada penelitian kali ini, pendekatan yang dilakukan untuk identifikasi pengamatan yang tidak terkendali adalah menguraikan statistik D^2 ke dalam komponen-komponen yang menunjukkan kontribusi dari masing-masing variabel individual. Perhitungan nilai d_i mengacu pada persamaan (5.2).

Tabel 4. Variabel Penyebab Pengamatan Tidak Terkendali

Pengamatan ke-	Variabel Penyebab Tidak Terkendali
3	X_2, X_3
10	X_1, X_4
17	X_4
21	X_2
27	X_2
28	X_2

Dari identifikasi variabel penyebab pengamatan tidak terkendali, diperoleh bahwa variabel yang menyebabkan proses tidak terkendali adalah semua variabel yang ada yaitu variabel tidak register (X_1), variabel terpotong (X_2), variabel warna kabur (X_3), dan variabel kotor (X_4). Namun, variabel warna kabur merupakan variabel yang banyak menyebabkan pengamatan tidak terkendali untuk produksi koran Pos Metro Padang bulan Januari 2015.

Dengan demikian, pihak perusahaan perlu melakukan perbaikan ulang pada proses pencetakan. Hal ini dilakukan agar kecacatan pada saat proses pencetakan bisa diminimalisirkan, sehingga hasil produksi koran yang baikpun banyak diperoleh dan tidak merugikan perusahaan.

5. Kesimpulan

Dengan menerapkan diagram kendali D^2 (Mahalanobis Distance) pada proses pencetakan koran Pos Metro Padang pada bulan Januari 2015, maka dapat disimpulkan bahwa kualitas cetakan koran Pos Metro Padang menunjukkan hasil yang belum stabil. Hal ini disebabkan karena masih terdapat kecacatan pada saat proses pencetakan, terutama untuk variabel warna kabur.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Dodi Devianto, Bapak Dr. Mahddivan Syafwan, dan Ibu Izzati Rahmi HG, M.Si yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyempurnaan penulisan artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] Hair, J.F. and R.E. Anderson.1998. *Multivariate Data Analysis, 5th*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.

- [2] Hardle.W.K and L. Simar. 2000. *Applied Multivariate Statistical Analysis, 2th.* New York : Springer.
- [3] Mukhopadhyay, A.R. 2008. Multivariate Attribute Control Chart Using Mahalanobis D^2 Statistic. *Journal of Applied Statistics* **35** (4) : 421 – 429
- [4] Montgomery, D.C. *Introduction to Statistical Quality Control Fifty Edition.* New York: John Wiley and Sons, Inc.
- [5] Sembiring, R.K. 1995. *Analisis Regresi.* ITB, Bandung.