

Diagram Kontrol Multivariat T^2 Hotelling dengan Menggunakan *Robust Trimmed Estimator* untuk Pengendalian Kualitas Kekuatan Kain

Ajeng Siti Anjani*, Suwanda

Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*ajengsitianjani@gmail.com, suwanda@unisba.ac.id

Abstract. A control chart is one of the primary techniques used in statistical process control. In phase I, parameters are estimated from the sample data obtained and analyzed in order to construct a control chart for the purpose of a controlled process during the process of the time period the data is collected. The presence of multiple outliers may go undetected by the usual control chart, such as Hotelling's T^2 due to the masking effect. In this paper we propose a robust alternative to Hotelling's T^2 control chart with estimators defined using trimming. Robust Hotelling's T^2 multivariate control chart will be applied to the control of production process in PT. World Yamatex Spinning Mailing List II using the trimming level $\alpha, \beta = 10$ and upper control limit value of 11,2156. Robust Hotelling's T^2 trimmed estimator multivariate control chart is able to detect 4 points that are out of the upper control limit value, while ordinary Hotelling's T^2 cannot detect any value that is out of the upper control limit. then it can be interpreted that Hotelling's T^2 multivariate control chart using robust trimmed estimators are more sensitive in detecting outliers than regular Hotelling T^2 multivariate control chart.

Keywords: Hotelling's T^2 control chart, Outliers, Statistical Quality Control, Robust Trimmed Estimator.

Abstrak. Diagram kontrol adalah salah satu teknik utama yang digunakan dalam pengendalian proses statistik. Pada fase 1, parameter ditaksir dari data sampel yang diperoleh lalu dianalisis dalam rangka mengkonstruksi diagram kontrol dengan tujuan apakah proses terkontrol selama proses periode waktu data dikumpulkan. Kehadiran beberapa outlier bisa mengganggu kinerja diagram kontrol dan beberapa diantaranya tidak terdeteksi oleh diagram kontrol T^2 Hotelling biasa karena *effect masking*. Dalam penelitian ini akan digunakan alternatif diagram kontrol multivariat T^2 Hotelling yang *robust* dengan menggunakan *trimmed estimator*. Diagram kontrol multivariat T^2 Hotelling yang *robust* akan diaplikasikan pada pengontrolan proses produksi kain di PT. World Yamatex Spinning Milis II dengan menggunakan tingkat pemangkasan $\alpha, \beta = 10$ dan nilai batas kontrol atas sebesar 11,2156. Diagram kontrol multivariat T^2 Hotelling *robust trimmed estimator* mampu mendeteksi 4 titik yang keluar dari nilai batas kontrol atas, sedangkan T^2 Hotelling biasa tidak bisa mendeteksi adanya nilai yang keluar dari batas kontrol atas. Oleh karena itu diagram kontrol multivariat T^2 Hotelling menggunakan *robust trimmed estimator* lebih sensitif dalam mendeteksi *outlier* dibandingkan diagram kontrol multivariat T^2 Hotelling biasa.

Kata Kunci: Diagram Kontrol T^2 Hotelling, *Outlier*, Pengendalian Proses Statistik, *Robust Trimmed Estimator*.

1. Pendahuluan

Statistik Pengendalian Kualitas merupakan aplikasi dari teknik statistik yang berfungsi untuk mengontrol suatu proses. Tujuan utama dilakukan pengendalian proses secara statistik adalah untuk mendeteksi perubahan atau pergeseran rata-rata proses yang disebabkan oleh beberapa hal sedini mungkin, sehingga dapat segera dilakukan tindakan untuk perbaikan. Diagram kontrol merupakan alat yang sering digunakan untuk pengontrolan proses di bidang industri modern (Montgomery, 2009)

Dalam kontrol proses statistik, diagram kontrol adalah alat yang sangat penting digunakan untuk pemantauan atau untuk mengontrol apakah suatu proses manufaktur secara statistik terkontrol atau tidak. Diagram kontrol yang efektif adalah diagram kontrol yang dapat mendeteksi dengan segera jika terjadi pergeseran dari proses produksi.

Kualitas suatu produk perlu dilakukan standarisasi yang tepat agar produk yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan oleh konsumen. Di PT. World Yamatex Spinning Milis II sebagai perusahaan yang bergerak dibidang industri manufaktur tekstil yang salah satunya memproduksi kain sangat memperhatikan kualitas dari produknya. Untuk itu, PT. World Yamatex Spinning Milis II sadar bahwa dunia industri tekstil merupakan bisnis yang sangat dibutuhkan oleh pasar, dikarenakan tekstil merupakan hal yang sangat penting, sehingga produsen kain di Indonesia menuntut pemasoknya dapat meningkatkan kualitas dari produk-produknya dan untuk mengurangi produk cacat yang secara tidak langsung berpengaruh terhadap keuntungan perusahaan. Untuk menghasilkan kain yang berkualitas tentu dibutuhkan bahan baku benang yang berkualitas pula, dengan menganalisis kualitas produksi kain di PT. World Yamatex Spinning Milis II menggunakan pengukuran kualitas multivariat karena melibatkan lebih dari satu variabel dan variabel tersebut merupakan bahan pokok dalam kualitas produksi kain yaitu Kekuatan Benang (*Single Strength*) dengan satuannya cNtex dan Diameter Benang (*Thick*) (Dwidaman, 2012).

Diagram kontrol multivariat yang paling umum digunakan untuk mengontrol vektor rata-rata proses adalah diagram kontrol T^2 Hotelling. Asumsi dasar diagram kontrol T^2 Hotelling yaitu distribusi dari karakteristik kualitas adalah normal. Walaupun diagram kontrol T^2 Hotelling banyak digunakan, akan tetapi, diagram kontrol T^2 Hotelling kurang efektif terhadap keberadaan *outlier* karena *effect masking*, sehingga diperlukan alternatif T^2 Hotelling yang *robust*. Berbagai metode *robust* telah muncul yaitu *Minimum Volume Ellipsoid* (MVE) (Vargas, 2003), *Minimum Covariance Determinant* (MCD) (Jensen, 2007), *Reweighted Minimum Covariance Determinant* (RMCD) (Chenouri, 2009), dan dalam penelitian ini akan menggunakan metode *robust trimmed estimator* (Jose Luis Alfaro, J. F., 2008).

Diagram kontrol multivariat T^2 Hotelling dengan menggunakan *robust trimmed estimator* merupakan penaksir parameter distribusi, dilakukan dengan cara memangkas beberapa data terkecil dan terbesar. Dengan cara ini penaksir yang diperoleh akan *robust* terhadap adanya *outlier*.

Prosedur penaksiran *robust trimmed* beserta pemanfaatannya dalam membangun diagram kontrol T^2 Hotelling akan dikemukakan pada bagian 2 tentang metodologi. Pada bagian metodologi juga dijelaskan asal data yang digunakan dalam implementasi, beserta langkah-langkah analisisnya. Hasil analisis data beserta interpretasinya akan dijelaskan pada bagian 3 tentang pembahasan dan diskusi. Dan pada bagian akhir akan dikemukakan kesimpulan.

2. Metodologi

Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah data sekunder tentang pengontrolan proses produksi kain di PT. World Yamatex Spinning Milis II Karawang pada tahun 2010, Dwidaman (2012). Karakteristik yang akan diamati ada dua buah variabel yaitu X_1 = Kekuatan Benang (*Single Strength*) dengan satuannya cNtex, dan X_2 = Diameter Benang (*Thick*) dengan satuannya mikron. Dengan menggunakan ukuran sampel $n=100$.

Metode Analisis Data

Metode Robust Trimmed Estimator

Robust Trimmed Estimator merupakan penaksir parameter distribusi, dilakukan dengan cara

memangkas beberapa data terkecil dan terbesar. Dengan cara ini penaksir yang diperoleh akan *robust* terhadap adanya *outlier*. Berikut ini akan dijelaskan *Robust Trimmed Estimator* untuk *trimmed mean* univariat, *trimmed variance* univariat, *trimmed covariance*, dan *trimmed multivariat*.

1. Penaksir *Trimmed Mean* Univariat. Misal diketahui sampel univariat berukuran n $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ dan nilai $\alpha \in [0, 50]$, definisikan elemen α -Trimmed di atas x sebagai berikut:

$$\alpha\text{-Trimmed}(x) = \frac{1}{n - 2a} \sum_{i=a+1}^{n-a} x_{[i]}$$

dimana: $a = \text{Int}(\alpha n / 100)$, dengan int bilangan bulat kecil, dan $x_{[1]} \leq x_{[2]} \leq x_{[3]} \leq \dots \leq x_{[n]}$ diurutkan dari x yang terkecil ke terbesar. Penaksir α -Trim(x) adalah **rata-rata sampel** ketika $2a$ pengamatan dihilangkan; yaitu a buah data terkecil dan a buah data terbesar.

2. Penaksir *Trimmed Variance* Univariat. Ortega (2004) telah mendefinisikan penaksir parameter skala $\alpha\beta$ -Trimmed di atas x yaitu :

$$\alpha\beta\text{-Trim}(x) = C(\alpha, \beta) \beta\text{-Trim} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \alpha\text{-Trim}(x))^2 \right)$$

dimana $\alpha, \beta \in [0, 50]$ dan $C(\alpha, \beta)$ adalah koefisien konsisten. Dalam praktek pemilihan nilai β sama sangat bergantung ukuran sampel (n) untuk tingkat pemangkasan yaitu $\beta = n / 100$.

3. Penaksir *Trimmed Covariance*. Misalkan sampel bivariat $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ dimana $x_w = (x_u, x_v)$ dengan $x_u = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ dan $x_v = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, memungkinkan untuk membuat penaksir *robust* kovarians menggunakan *trimmed mean*. Ortega (2004) mendefinisikan penaksir *robust* kovarians atas x_u dan x_v sebagai berikut:

$$\alpha\beta\text{-CoTrim}(x_u, x_v) = C'(\alpha, \beta) \beta\text{-Trim} \left(\left\{ \sum AB \right\} \right)$$

dimana $A = (x_{iu} - \alpha\text{-Trim}(x_u))$, $B = (x_{iv} - \alpha\text{-Trim}(x_v))$, $\alpha, \beta \in [0, 50]$ dan $C'(\alpha, \beta)$ adalah koefisien konsisten. Dalam praktek pemilihan nilai β sangat bergantung ukuran sampel (n).

4. Penaksir *Trimmed Multivariat*. Misalkan (X_1, X_2, \dots, X_p) adalah vektor acak p -multivariat dan x_u merupakan sampel berukuran sampel n dari X_u , $x_u = (x_{1u}, x_{2u}, \dots, x_{nu})$ dengan x_{iu} menjadi pengamatan individu ke- i dari X_u .

Di situasi ini, kita harus membuat vektor lokasi menggunakan *trimmed mean* univariat memilih tingkat pemangkasan (α) untuk setiap sampel x_u sebagai berikut $\bar{X}_u^R = \alpha\text{-Trim}(x_u)$. Sehingga vektor *trimmed mean* untuk variabel multivariat didefinisikan sebagai berikut:

$$\bar{X}^R = (\bar{X}_1^R, \bar{X}_2^R, \dots, \bar{X}_p^R)$$

Di sisi lain kita dapat mendefinisikan penaksir skala melalui pemangkasan, mendefinisikan beberapa tingkat pemangkasan α dan β untuk setiap pasangan variabel (X_u, X_v) , kita bisa mendefinisikan penaksir *robust trimmed covariance* sebagai berikut: $S_{uv}^R = \alpha\beta\text{-CoTrim}(x_u, x_v)$. Dengan cara ini, penaksir matriks *trimmed* kovarians dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$S_R = \left(S_{uv}^R \right)_{\substack{u=1,2,\dots,p \\ v=1,2,\dots,p}}$$

Diagram kontrol T^2 Hotelling Robust Trimmed Estimator

Diagram kontrol T^2 Hotelling Robust Trimmed Estimator (T_R^2) adalah diagram kontrol untuk proses pengontrolan data multivariat digunakan untuk menghindari efek negatif dari *outlier* dalam diagram kontrol dengan mengganti penaksir biasa dengan penaksir *robust* seperti definisi berikut :

Definisi 1: Diberikan sampel acak $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ dari distribusi normal p – multivariat, dimana $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$ dengan x_{ij} adalah pengamatan ke- i dari variabel ke- j , statistik T_R^2 adalah sebagai berikut:

$$(T_R^2)_i = (x_i - \bar{X}^R)^t S_R^{-1} (x_i - \bar{X}^R)$$

dimana : \bar{X}^R dan S_R adalah penaksir lokasi (rata-rata) dan skala (varians-kovarians) yang dipangkas.

Penaksir \bar{X}^R dan S_R adalah pendekatan yang baik (*robust*) untuk parameter μ dan Σ . Diasumsikan bahwa batas kontrol dari diagram kontrol T_R^2 adalah sama dengan batas kontrol diagram kontrol T^2 , yang diberikan oleh:

$$BKA(T_R^2) = \frac{(n-1)^2}{n} \beta_\gamma \left(\frac{p}{2}, \frac{n-p-1}{2} \right) \quad \text{dan} \quad BKB(T_R^2) = 0$$

dimana : γ adalah peluang alarm palsu untuk setiap titik yang di plot pada diagram kontrol dan $\beta_{\gamma(p,q)}$ adalah persentil $(1-\gamma)$ dari distribusi β dengan parameter p dan q . Nilai dari T_R^2 diplot di bagan dan jika satu atau lebih dari n titik diluar kontrol, maka penyebab khusus variasi dicari.

Tahapan Analisis Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pembuatan diagram kontrol multivariat T^2 Hotelling menggunakan *robust trimmed estimator*, langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Menggunakan data fase 1 dengan ukuran sampel $n=100$ dan jumlah variabel $p=2$ untuk mengontrol proses.
2. Membuat ringkasan data yaitu menentukan rata-rata, varians, simpangan baku, median, rata-rata terpankaskan, untuk masing-masing variabel.
3. Menyajikan data dalam bentuk *boxplot* untuk melihat adanya *outlier*.
4. Melakukan pengujian normalitas multivariat dengan menggunakan statistik pengujian *skewness* dan *kurtosis*
5. Menghitung nilai-nilai T^2 Hotelling dengan menggunakan vektor rata-rata sampel, matriks kovarians sampel dan nilai BKA.
6. Memetakan nilai-nilai T^2 pada langkah e ke dalam diagram kontrol, pengamatan yang mempunyai nilai $T^2 > BKA$ dapat menjadi indikator bahwa proses *out of control*.
7. Menghitung nilai-nilai T^2 Hotelling *robust trimmed estimator* (T_R^2), dengan langkah-langkahnya sebagai berikut :
 - a. Hitung penaksir *trimmed mean* (α _Trimmed)
 - b. Hitung penaksir *trimmed variance* ($\alpha\beta$ _Trimmed)
 - c. Hitung penaksir *trimmed covariance* ($\alpha\beta$ _CoTrimmed)
 - d. Menghitung *trimmed* multivariat dengan menaksir vektor *trimmed mean* (\bar{X}^R) dengan unsurnya merupakan hasil langkah 1 dan matriks *trimmed* kovarians (S_R) unsurnya merupakan hasil langkah 2 dan 3.
 - e. Menghitung nilai-nilai T_R^2 dan nilai BKA
 - f. Memetakan nilai-nilai T^2 Hotelling *robust trimmed estimator* (T_R^2).

- g. Pengamatan yang mempunyai nilai $T_R^2 > BKA$ dapat menjadi indikator bahwa proses *out of control*.

3. Pembahasan dan Diskusi

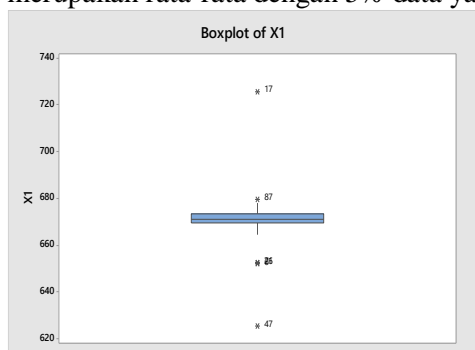
Ringkasan Data

Berikut merupakan ringkasan data gulungan benang untuk variabel Kekuatan Benang (X1) dan Diameter Benang (X2) di PT. World Yamatex Spinning Milis II Karawang menggunakan tabel statistik dan *boxplot* dengan bantuan *software* Minitab.

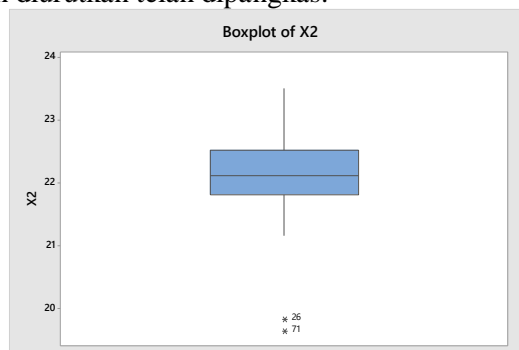
Tabel 1. Statistik Deskriptif Data Penelitian

Variabel	Rata-rata	Varians	Simpangan Baku	Median	Rata-rata terpengkas	N
X1	670,91	68,64	8,29	671,18	671,24	100
X2	22,105	0,329	0,573	22,13	22,138	100

Berdasarkan Tabel 1 dengan jumlah data masing-masing variabel ada sebanyak 100, secara rata-rata kekuatan benang (X1) di PT. World Yamatex Spinning Milis II Karawang yaitu sebesar 670,91 dengan varians sebesar 68,64. Nilai simpangan baku sebesar 8,29. Nilai median 671,18 menandakan 50% kekuatan benang berada diatas 671,18 dan 50% kekuatan benang dibawah 671,18. Nilai rata-rata terpengkas sebesar 671,24 merupakan rata-rata dengan 5% data yang sudah diurutkan telah dipangkas. Sementara, rata-rata diameter benang (X2) di PT. World Yamatex Spinning Milis II Karawang yaitu sebesar 22,105 dengan varians sebesar 0,329. Nilai simpangan baku sebesar 0,573. Nilai median 22,13 menandakan 50% kekuatan benang berada diatas 22,13 dan 50% kekuatan benang dibawah 22,13. Nilai rata-rata terpengkas sebesar 22,138 merupakan rata-rata dengan 5% data yang sudah diurutkan telah dipangkas.



Gambar 1. Boxplot Variabel X1



Gambar 2. Boxplot Variabel X2

Dilihat dari Gambar 1 diatas menunjukkan adanya *outlier* yang berada diatas dan dibawah garis yaitu data ke-6,17,26,27,47,68 dan 87. Sedangkan dilihat dari Gambar 2 diatas menunjukkan adanya dua *outlier* yang berada di bawah garis yaitu pada data ke-26 dan 71.

Uji Normalitas Multivariat

Untuk melakukan pengendalian proses menggunakan diagram kontrol multivariat, maka ada asumsi yang harus dipenuhi yaitu data berdistribusi normal multivariat. Maka dari itu untuk memenuhi asumsi akan dilakukan uji normal multivariat pada data gulungan benang menggunakan uji *Skewness* dan *Kurtosis* dengan bantuan *software* Matlab didapat hasil sebagai berikut pada Tabel 2.

Hipotesis uji normal multivariat sebagai berikut:

H_0 : data berdistribusi normal multivariat

H_1 : data tidak berdistribusi normal multivariat

Berikut hasil uji normalitas multivariat menggunakan *software* Matlab untuk data yang

sudah dihilangkan *outlier*, seperti pada Tabel 2.

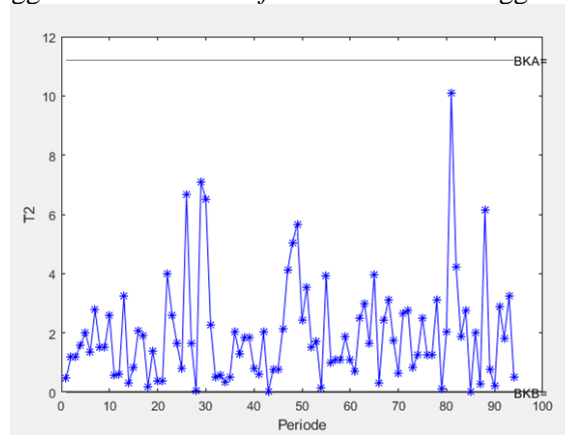
Tabel 2. Hasil Uji Normal Multivariat *Skewness* dan *Kurtosis*

<i>Multivariate</i>	<i>Coefficient</i>	<i>Statistic</i>	<i>P</i>
Skewness	0,2053	3,2163	0,5223
Kurtosis	7,1513	-1,0286	0,3037

Dilihat dari hasil Tabel 2 bahwa dengan $\alpha = 5\%$ jika nilai *P-value* $> \alpha$ atau untuk nilai Skewness $0,5223 > 0,05$ dan nilai Kurtosis $0,3037 > 0,05$ maka H_0 diterima artinya data berdistribusi normal multivariat. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa asumsi uji normalitas multivariat terpenuhi.

Diagram Kontrol T^2 Hotelling

Diagram kontrol ini digunakan untuk melakukan proses pengontrolan pada kasus multivariat. Setelah melakukan perhitungan nilai T_i^2 dan nilai BKA maka diagram kontrol T^2 Hotelling dapat digambarkan menggunakan bantuan *software* Matlab sehingga terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Kontrol T^2 Hotelling

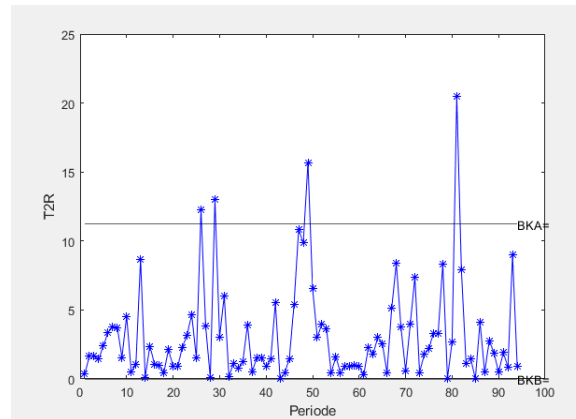
Dapat dilihat dari diagram kontrol tersebut bahwa tidak ada nilai T_i^2 yang berada diatas batas kontrol, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa proses produksi kain menurut diagram kontrol T^2 Hotelling berada dalam proses terkontrol atau *in control*.

Penaksir Robust Trimmed Estimator

Sebelum membuat diagram kontrol T^2 dengan menggunakan *robust trimmed estimator*. Untuk mengetahui ke-*robust*-an pada data. terlebih dahulu menghitung penaksir *trimmed mean* untuk masing-masing variabel dengan data diurutkan dari yang terkecil ke terbesar, dengan tingkat pemangkasan $\alpha = 10$. Maka $\alpha_Trimmed(x_1) = 671,4283$; $\alpha_Trimmed(x_2) = 22,1623$. Selanjutnya, menghitung penaksir *trimmed variance* untuk masing-masing variabel dengan menggunakan tingkat pemangkasan $\beta = 10$ untuk nilai koefisien $C(\alpha, \beta)$ yaitu 1,4281. $\alpha\beta_Trim(x_1) = 10,0037$; $\alpha\beta_Trim(x_2) = 0,2757$. Kemudian, menghitung penaksir kovarians *trimmed* dengan menggunakan $\beta = 10$ untuk nilai koefisien $C'(\alpha, \beta) = C(\alpha, \beta)$ yaitu 1,4281. $\alpha\beta_CoTrim(x_1, x_2) = -1,2394$.

Diagram Kontrol T^2 Hotelling Robust Trimmed Estimator

Selanjutnya, memetakan diagram kontrol T^2 Hotelling *robust trimmed estimator* untuk data gulungan benang dapat digambarkan menggunakan bantuan *software* Matlab sehingga terlihat pada Gambar 4. Sehingga didapat hasil sebagai berikut :



Gambar 4. Diagram Kontrol T_R^2 Hotelling

Dapat dilihat dari Gambar 4 bahwa ada empat nilai $(T_R^2)_i$ yang berada di atas nilai BKA yaitu data ke 26,29,49, dan 81. Adapun nilai-nilai dilihat *out of control* dapat dilihat dari Tabel 4 berikut:

Tabel 3. Nilai-nilai *out of control*

Periode	Nilai T2R
26	12.50456
29	12.9862
49	15.6925
81	20.5163

Dari Tabel 3. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa proses produksi kain menurut diagram kontrol T_R^2 Hotelling berada dalam proses tidak terkontrol atau *out of control*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Diagram kontrol multivariat T^2 Hotelling menggunakan *robust trimmed estimator* dengan menggunakan tingkat pemangkasan $\alpha, \beta = 10$ pada produksi kain PT. World Yamatex Spinning Milis II mendeteksi 4 titik *out of control* dari batas kontrol atas dengan nilai BKA=11,2156.
2. Diagram kontrol T^2 Hotelling biasa dengan diagram kontrol multivariat T^2 Hotelling *robust trimmed estimator* pada produksi kain PT. World Yamatex Spinning Milis II memberikan hasil yang berbeda. Diagram kontrol T^2 Hotelling biasa tidak bisa mendeteksi adanya nilai *out of control* dari batas kontrol atas dengan nilai BKA=11,2156, sedangkan dengan diagram kontrol multivariat T^2 Hotelling *robust trimmed estimator* mendeteksi 4 titik yang *out of control* dari batas kontrol atas dengan nilai BKA=11,2156. sehingga mengacu pada nilai BKA yang sama, maka dapat diartikan bahwa diagram kontrol multivariat T^2 Hotelling menggunakan *robust trimmed estimator* lebih sensitif dalam mendeteksi *outlier* dibandingkan diagram kontrol multivariat T^2 Hotelling biasa.

Acknowledge

Artikel ini merupakan bagian dari hasil Penelitian Kolaborasi Internasional yang disuport oleh LPPM Unisba. Oleh karena itu kami ucapkan terima kasih kepada Bapak Rektor Unisba dan Ketua LPPM Unisba serta seluruh pihak yang membantu memberi saran maupun masukkan sampai terlaksananya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Chenouri, (2009). A Multivariate Robust Control Chart for Individual. *Journal of Quality Technology, Vol 31, No 3, 259-271*
- [2] Dwidaman, R. (2012). Menentukan Batas-batas Bagan Konrol Dispersi Multivaria pada Proses Produksi Benang dengan Metode Variasi Vektor yang Direduksi (pada Kasus PT. World Yamatex Spinning Milis II). Bandung: Thesis S2 Terapan Universitas Padjajaran.
- [3] Jensen, W. A., (2007). High Breakdown Estimation Methods for Phase I Multivariate Control Charts. *Quality and Reliability Engineering International 23(5)*, 615-529.
- [4] Jose Luis Alfaro, J. F. (2008). A Robust Alternative to Hotelling's T2 Control Chart Using Trimmed Estimators. *Quality and Reliability Engineering International*, 603-610.
- [5] Montgomery, D. (2009). Introduction to Statistical Quality Control Sixth Edition. New York: John Wiley & Sons.
- [6] Ortega, J. A. (2009). A comparison of robust alternatives to Hotelling's T2 control chart. *Journal of Applied Statistics*, 1385-1396.
- [7] Ortega, J. (2004). A family of scale estimators by means of trimming. *Theory and Application of Recent Robust Methods*, 259-271.
- [8] Vargas, J. A. (2003). Robust Estimation in Multivariate Control Charts for Individual Observations. *Journal of Quality Technology*, 367-376.
- [9] Rahmadani Riani Shifa, Suliadi. (2021). Faktor Koreksi Diagram Kendali Shewhart pada Situasi Unconditional ARL dan Penerapannya terhadap Data Brix (Kekentalan) Saus. *Jurnal Riset Statistika*, 1(1), 28-34.