

**PENGENDALIAN *MULTIVARIATE* DENGAN DIAGRAM KONTROL
MEWMA PADA ANALISIS *SIX SIGMA*
(STUDI KASUS PT RAJA BESI SEMARANG)**

Hananta Triatmaja^{1*}, Mustafid², Triastuti Wuryandari³

^{1,2,3} Departemen Statistika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

*e-mail : hanantatriatmaja88@gmail.com

DOI: 10.14710/j.gauss.14.1.212-223

Article Info:

Received: 2024-11-13

Accepted: 2025-07-29

Available Online: 2025-07-30

Keywords:

*Baja Karbon, Pengendalian
Kualitas, Six Sigma, MEWMA,
Analisis Kemampuan Proses
Multivariate*

Abstract: As one of the largest carbon steel producing industries, PT Raja Besi Semarang is always required to meet consumer needs by continuously improving its quality. Carbon steel is one of the manufacture of carbon steel pipes. There are three characteristics that are prioritized for attention, namely porosity, rust and cracks in order to improve the quality of carbon steel production. Six Sigma is a method for controlling quality. Six Sigma has a focus on reducing defects, achieving a standard of 3.4 defects per million opportunities. The purpose of this research is to identify the process of carbon steel production using the Six Sigma method with the MEWMA control chart and process capability to meet standards. The Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA) control chart is a tool used to control process averages in meeting standards. The results in this study obtained control using the MEWMA control chart using a lambda of 0.7 indicating that the process was statistically controlled and the sigma value for porosity was 3.5, rust was 4.5 and crack was 4.9. and has a process capability value of 1.733786 which indicates that the process is running according to standards.

1. PENDAHULUAN

Dunia industri saat ini mengalami pertumbuhan yang sangat pesat, yang memaksa setiap industri untuk mampu bersaing dengan industri lainnya. Industri baja karbon menjadi salah satu prioritas utama yang dikembangkan di Indonesia, diakui sebagai mother industry yang menjadi sumber utama bagi aktivitas di berbagai sektor industri (Kemenperin, 2021). Produk unggulan dalam industri baja karbon adalah pipa baja karbon yang memiliki peran vital dalam memenuhi kebutuhan rumah tangga maupun industri. Keunggulan pipa baja karbon adalah kemampuannya untuk mengalirkan berbagai bahan dalam bentuk fluida, gas, atau padatan dari satu titik ke titik lain dengan efisien. Meskipun berpotensi besar, pasar pipa baja karbon semakin ketat persaingannya, mendorong pelaku bisnis untuk berinovasi dan menjaga kualitas produk.

Keberhasilan sebuah perusahaan dalam industri ini sangat tergantung pada kepuasan pelanggan. Kepuasan pelanggan dapat dicapai dengan menjaga dan meningkatkan kualitas produk secara konsisten (Kemenperin, 2021). PT Raja Besi Semarang adalah salah satu perusahaan yang bergerak dalam pengolahan besi atau baja menjadi berbagai bahan bangunan dengan kualitas yang telah diakui di seluruh dunia, termasuk produk unggulannya, yaitu baja karbon. Baja karbon menjadi bahan baku utama dalam pembuatan pipa baja karbon. Untuk memastikan produk pipa baja karbon berkualitas tinggi dan memenuhi ekspektasi konsumen, pengendalian kualitas menjadi langkah kritis (Gasperz, 1997).

Melihat latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metodologi Six Sigma dengan menggunakan diagram kontrol Multivariate Exponentially

Weighted Moving Average (MEWMA) serta mengukur kapabilitas produksi baja karbon di PT Raja Besi Semarang. Penelitian ini akan fokus pada pengendalian multivariate karakteristik kualitas pipa baja karbon, terutama dalam hal porositas, karat, dan retak. Dengan demikian, penelitian ini akan memberikan kontribusi dalam menjaga dan meningkatkan kualitas produk, sambil menjaga efisiensi dalam proses produksi, serta mengurangi biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Penelitian ini akan menjadi langkah maju dalam mendukung pertumbuhan industri baja karbon di Indonesia. Penelitian ini diharapkan akan membawa terobosan baru dalam pengendalian kualitas produk dalam industri baja karbon, yang sebelumnya belum banyak diteliti dengan pendekatan Six Sigma dan diagram kontrol MEWMA.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Six Sigma dimulai dengan penekanan cara pengukuran kualitas yang berlaku secara umum. Menurut Mustafid(2017) dalam pengukuran level sigma, terlebih dahulu dihitung jumlah kegagalan yang menunjukkan banyaknya cacat per-satu juta kesempatan atau yang disebut DPMO (*defect per million opportunities*) DPMO merupakan ukuran kegagalan dalam proyek *Six Sigma* yang menunjukkan kerusakan suatu produk dalam satu juta barang yang diproduksi. Sebagaimana pada konsep *Six Sigma* Motorola mengijinkan adanya pergeseran nilai target rata-rata (*mean*) dari proses sebesar $\pm 1,5$ sigma sehingga menghasilkan 3,4 DPMO (Gaspersz,2002).

$$DPMO = \frac{\text{Jumlah Defect}}{\text{Unit yang diperiksa} \times \text{Defect Opportunity}} \times 1.000.0000 \quad (1)$$

Menentukan nilai DPMO dan tingkat sigma untuk data variable (Gaspersz, 2002).

Kemungkinan cacat yang berada diatas nilai USL dengan rumus :

$$P \left[Z \geq \left(\frac{USL - \bar{X}}{s} \right) \right] \times 1.000.000 \quad (2)$$

Kemungkinan cacat yang berada dibawah nilai LSL dengan rumus:

$$P \left[Z \leq \left(\frac{LSL - \bar{X}}{s} \right) \right] \times 1.000.000 \quad (3)$$

USL (*Upper Spesification Limit*) : Batas Spesifikasi Atas

LSL (*Limited Spesification*) : Batas Spesifikasi Bawah

$i = 1, 2, \dots, p$ dengan p merupakan banyaknya variabel

Nilai sigma data atribut dan variabel diperoleh dengan dua cara yaitu mengkonversikan DPMO kedalam nilai sigma dengan bantuan tabel konversi DPMO ke nilai sigma atau dengan menggunakan Microsoft Excel

$$\text{Nilai Sigma} = \text{normsinv} \left(1 - \frac{DPMO}{1000000} \right) + 1.5 \quad (4)$$

a. Analisis Diagram Kontrol MEWMA

$$\mathbf{Z}_j = \lambda \mathbf{X}_j + (1 - \lambda) \mathbf{Z}_{j-1} \quad (5)$$

\mathbf{Z}_0 : Vektor 0 yang berkumpul $p \times 1$

\mathbf{Z}_{j-1} : Vektor objek berukuran $p \times 1$

\mathbf{X}_j : Vektor sampel pengamatan objek ke $-j$ dengan $j = 1, 2, \dots, n$ (banyak pengamatan yang dilakukan) dengan ukuran matriks $p \times 1$

: besarnya pembobot, nilai $0 \leq \lambda \leq 1$

b. Kapabilitas Proses Multivariat

Menurut Taam,dkk (1993), kapabilitas proses multivariat C_{pm} dan MC_{pm} dapat menggambarkan lokasi nilai rata-rata proses terhadap nilai target berdasarkan elips pada karakteristik mutu tersebut. Perhitungan nilai kapabilitas proses multivariat (MC_{pm}) didefinisikan sebagai rasio dari dua volume yaitu

$$MC_{pm} = \frac{vol(R_1)}{vol(R_2)} \quad (6)$$

dengan R_1 merupakan daerah spesifikasi, sedangkan R_2 merupakan daerah proses variasi. Jika data berdistribusi normal multivariat maka R_1 dan R_2 berbentuk ellipsoid, dengan R_1 dibentuk oleh batas spesifikasi pada setiap variabel. Volume R_1 adalah

$$vol(R_1) = \frac{2 \prod_{i=1}^p T_i \pi^{p/2}}{p \Gamma(\frac{p}{2})} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} vol(R_2) &= vol[(x - \bar{x})' S_T^{-1} (x - \bar{x}) \leq K(p)] \\ &= |S_T| \frac{1}{2} (\mu K)^{\frac{p}{2}} [\Gamma(\frac{p}{2} + 1)]^{-1} \end{aligned} \quad (8)$$

3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini merupakan data kuantitatif yang diperoleh dari data karakteristik kualitas baja karbon di PT Raja Besi Semarang pada bulan 1 Februari sampai dengan 29 April 2021 yang berupa data pengukuran atau kontinu dengan variabel penelitian Porositas, Korosi dan Retak.

Tahapan analisis data yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mewawancarai bagian *quality* untuk mengetahui proses yang dapat dijadikan sebagai proyek *Six Sigma*
2. Mengumpulkan data karakteristik kualitas baja karbon bulan 1 Februari sampai dengan 29 April 2021 di PT Raja Besi Semarang
3. Melakukan pengujian korelasi terhadap variabel cacat produksi
4. Melakukan analisis data pengontrolan cacat produksi dengan menggunakan diagram kontrol *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA) dengan sebelumnya melakukan pengontrolan data menggunakan *T² Hotelling*. Langkah dalam melakukan pengontrolan menggunakan MEWMA sebagai berikut :
 - Menentukan nilai pembobot dengan *trial and error*
 - Menghitung vector MEWMA, Z_j
 - Menghitung matriks varians-kovarians berdasarkan Z_j
 - Menghitung nilai statistik T_j^2 pada setiap pengamatan
 - Menghitung BKA dan BKB
 - Membuat plot T_j^2 dengan batas kendali dari nilai pembobot yang telah ditentukan

5. Melakukan pengujian distribusi normal multivariate terhadap variabel cacat produksi
6. Menghitung kapabilitas proses Multivariat
7. Membuat kesimpulan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Uji Korelasi Antar Variabel

Pada penelitian ini menggunakan data multivariat sehingga perlu melakukan uji korelasi antar variabel digunakan untuk mengetahui seberapa besar hubungan antar masing- masing variabel. Apabila tidak ada hubungan antar variabel maka penelitian ini tidak dapat dilanjutkan. Untuk mengetahui apakah ketiga variabel tersebut berhubungan, perlu dilakukan uji dependensi variabel menggunakan uji *Bartlett*. Berikut merupakan uji *Bartlett* dengan bantuan *software R*.

Pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ ditolak, karena nilai χ^2_{hitung} sebesar $8.1168 > \chi^2_{(0.05,3)}$ sebesar 7.81473 dan $p - value$ bernilai $0.04159 < \alpha=0.05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa ketiga variabel pada karakteristik kualitas baja karbon terdapat korelasi.

2) Diagram Kontrol Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA)

Tabel 1. Nilai \bar{X}_i setiap karakteristik kualitas

Variabel	\bar{X}_i
Porositas	7.351
Korosi	4.206
Retak	3.459

Menghitung nilai kovariansi dari setiap variabel ke-1 dan 1

$$S_{11} = S_1^2 = \frac{1}{n-1} (\sum_{i=1}^n X_{ij}^2 - n\bar{X}_j^2)$$

$$S_{11} = \frac{1}{89-1} ((8.5^2 + 6.7^2 + 5.9^2 \dots + 8.5^2) - 89 \times 7.351)$$

$$S_{11} = 1.356 \tag{9}$$

Dengan menggunakan rumus yang sama diperoleh matriks variansi-kovariansi sampel seperti berikut :

$$S = \begin{bmatrix} 1.356 & -0.073 & -0.031 \\ -0.073 & 0.880 & 0.615 \\ -0.031 & 0.615 & 0.836 \end{bmatrix}$$

$$S^{-1} = \begin{bmatrix} 0.741 & 0.087 & -0.036 \\ 0.087 & 2.349 & -1.724 \\ -0.036 & -1.724 & 2.463 \end{bmatrix} \tag{10}$$

Nilai statistik pada diagram diagram kontrol T^2 Hotelling untuk masing-masing pengamatan adalah :

$$T_j^2 = (X_{ij} - \bar{X}_i)' S^{-1} (X_{ij} - \bar{X}_i)$$

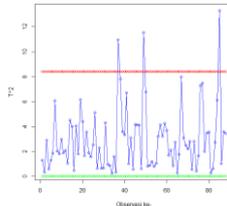
$$T_1^2 = [1.149 \quad 0.094 \quad 0.441] \begin{bmatrix} 0.741 & 0.087 & -0.036 \\ 0.087 & 2.349 & -1.724 \\ -0.036 & -1.724 & 2.463 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1.149 \\ 0.094 \\ 0.441 \end{bmatrix}$$

$$T_1^2 = 1.31 \tag{11}$$

Langkah-langkah diatas dilanjutkan dengan cara yang sama hingga titik $T_{88}^2 = 3.441$
Kemudian menghitung BKA pada diagram T^2 Hotelling yaitu :

$$BKA = \frac{P(n+1)(n-1)}{n^2-np} F_{\alpha;p;n-p} \tag{12}$$

Diperoleh hasil dari BKA sebesar 8.422 dan BKB sebesar 0. Kemudian menggunakan *software* R yang terdapat pada lampiran menghasilkan diagram kontrol T^2 Hotelling sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram kontrol T^2 Hotelling

Berdasarkan diagram kontrol T^2 Hotelling diatas, dari 88 pengamatan terdapat 3 titik berada diluar BKA atau UCL yang menginterpretasikan proses produksi tidak stabil, memungkinkan dibuat menjadi stabil dengan pendekatan *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA).

Pada diagram MEWMA titik yang akan diplotkan adalah nilai yang sudah diboboti dengan pembobot yang telah ditentukan sebelumnya disimbolkan dengan T_j^2 didapatkan dari persamaan sebelumnya. Pembobot disimbolkan dengan λ , dimana nilai λ untuk masing-masing karakteristik kualitas diasumsikan sama karena tidak ada nilai pembobot dari perusahaan. Nilai pembobot yang akan digunakan yaitu 0.7 diperoleh dengan menggunakan *trial and error*. Diagram kontrol MEWMA menggunakan bobot $\lambda=0.7$ memperoleh nilai batas kendali atas sebesar 196.6649. Sedangkan untuk batas kendali bawah/LCL =0 karena nilai T_j^2 selalu positif. Perhitungan manual T_j^2 menggunakan *software* R . Pertama dengan menghitung nilai Z_j . Nilai awal $Z_0 = 0$ dan pembobot $\lambda = 0.7$ dengan banyaknya pengamatan sebanyak 88. Nilai selanjutnya Z_j untuk pengamatan pertama sebagai berikut :

$$Z_1 = 0.7 \begin{bmatrix} 8.5 \\ 4.3 \\ 3.9 \end{bmatrix} + (1 - 0.7)0$$

$$Z_1 = \begin{bmatrix} 5.95 \\ 3.01 \\ 2.73 \end{bmatrix} \tag{13}$$

Menghitung matriks varian kovarian dari Z_1 diperoleh

$$S_{Z_1} = \frac{\lambda}{2 - \lambda} (1 - (1 - \lambda)^{2(1)})S$$

$$S_{Z_1} = \begin{bmatrix} 0.66437177 & -0.03579573 & -0.01524018 \\ -0.03579573 & 0.43124032 & 0.30143704 \\ -0.01524018 & 0.30143704 & 0.409755674 \end{bmatrix} \quad (14)$$

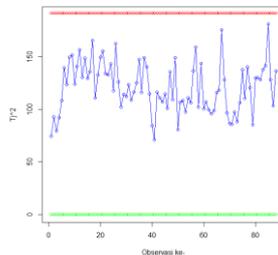
Untuk perhitungan titik pengamatan pada diagram kontrol MEWMA diperoleh:

$$T_1^2 = Z_1' S_{Z_1} Z_1$$

$$T_1^2 = [5.95 \quad 3.01 \quad 2.73] \begin{bmatrix} 0.66437177 & -0.03579573 & -0.01524018 \\ -0.03579573 & 0.43124032 & 0.30143704 \\ -0.01524018 & 0.30143704 & 0.409755674 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 5.95 \\ 3.01 \\ 2.73 \end{bmatrix}$$

$$T_1^2 = 80.56102 \quad (15)$$

Proses perhitungan diatas dilanjutkan dengan langkah yang sama hingga titik $T_{88}^2 = 135.96007$. Untuk semua nilai T_j^2 dengan $\lambda = 0.7$ dibuat grafik menggunakan *software R*, diperoleh grafik sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram Kontrol MEWMA

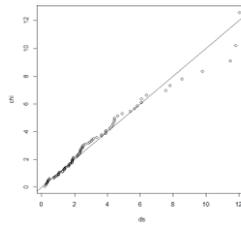
Untuk memudahkan dalam membuat plot diagram kontrol dilakukan perhitungan titik pengamatan mewakili 3 karakteristik kualitas baja karbon yaitu porositas, korosi, retak yang kemudian titik-titik pengamatan T_j^2 pada grafik diatas diplotkan dalam diagram kontrol MEWMA. Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa dari 88 sampel data memiliki nilai T_j^2 berada di antara batas kendali atas dan batas kendali bawah. Maka dapat dinyatakan bahwa *mean* proses terkendali secara statistik.

3) Uji Normal Multivariat

Asumsi yang harus dipenuhi untuk melakukan analisis Kapabilitas adalah data berdistribusi normal multivariate. Pada uji normalitas multivariate dapat dilakukan dengan uji visual dan uji formal.

a. Uji Secara Visual

Uji secara visual menggunakan $q - q$ plot atau secara *scatterplot* dari nilai d_j^2 dan q_j . Dengan *software R* diperoleh $q - q$ plot atau *scatterplot* yang disajikan pada gambar



Gambar 3. Plot Normal Multivariate

Bahwa plot normal multivariate cenderung membentuk garis lurus. Sehingga secara visual data berdistribusi normal multivariate. Sehingga secara visual data berdistribusi normal multivariate.

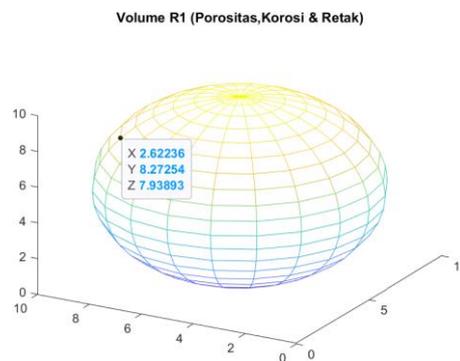
b. Uji secara Formal

Pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ H_0 diterima, karena nilai $D = 0.070384 <$ nilai pada table Kolmogorov Smirnov sebesar 0.18904 dan $p - value$ bernilai $0.7759 >$ α sebesar 0.05 . Dapat disimpulkan bahwa data karakteristik kualitas produksi baja karbon berdistribusi normal multivariat.

4) Analisis Kapabilitas Proses Multivariat

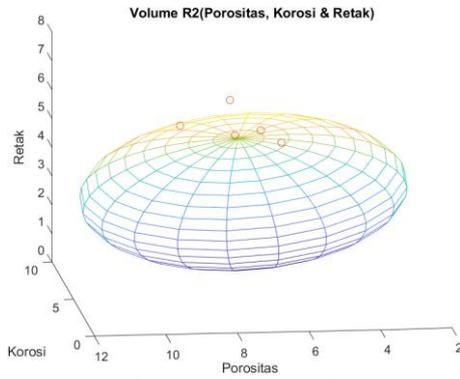
Nilai target dari masing-masing variabel adalah sebagai berikut :

a. Variabel Porositas, Korosi, dan Retak



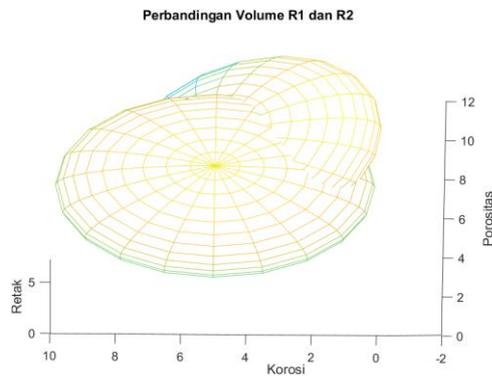
Gambar 4. Volume R_1 (Porositas, Korosi & Retak)

Gambar 4 merupakan grafik ellipsoidal untuk volume R_1 , dimana volume R_1 menyatakan batas spesifikasi dari variabel karakteristik Porositas, korosi, dan retak. Berdasarkan gambar 8 bentuk ellipsoidal terlihat seperti bola dan menunjukkan persebaran data terhadap dari ketiga variabel karakteristik dan tidak terdapat titik-titik sampel di luar kulit ellipsoidal. Sehingga, dikatakan variabel porositas, korosi dan retak berada dalam batas spesifikasi.



Gambar 5. Volume R_2 (Porositas, Korosi & Retak)

Gambar 5 merupakan grafik ellipsoida untuk volume R_2 , dimana volume R_2 menyatakan proses variasi. Berdasarkan gambar 9 dan terdapat sedikit titik sampel yang berada diluar kulit ellipsoida dan tidak terlalu jauh dari kulit ellipsoida. Hal tersebut menunjukkan bahwa, variabel porositas, korosi dan retak memiliki tingkat performansi yang cukup baik.



Gambar 6. Perbandingan Volume R_1 & R_2

Gambar 6 menunjukkan bahwa, titik sampel dan ellipsoida dari volume R_2 berada didalam ellipsoida volume R_1 . Sehingga, secara simultan variabel Porositas, korosi dan retak telah memenuhi spesifikasi. Sehingga, secara visual proses multivariat pada variabel porositas, korosi, dan retak dikatakan *capable*.

Perhitungan secara manual

$$\begin{aligned}
 vol(R_1) &= \frac{2 \prod_{i=1}^p T_i}{p} \frac{\mu^2}{\Gamma(\frac{p}{2})} = \frac{2(5 \times 5 \times 5)}{3} \times \frac{\mu^2}{\Gamma(\frac{3}{2})} = 928.0543 \\
 vol(R_2) &= vol(x - \bar{x})' S_T^{-1} (x - \bar{x}) \leq K(p) \\
 &= |S_T|^{\frac{1}{2}} (\mu K)^{p/2} \left[\Gamma\left(\frac{p}{2} + 1\right) \right]^{-1} \\
 &= |S|^{\frac{1}{2}} (\mu K(p))^{p/2} \left[\Gamma\left(\frac{p}{2} + 1\right) \right]^{-1} \times \left[1 + \frac{n}{n-1} (\bar{x}_i - T_i)' S^{-1} (\bar{x}_i - T_i) \right]^{1/2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \det \begin{bmatrix} 1.356 & -0.073 & -0.031 \\ -0.073 & 0.880 & 0.615 \\ -0.031 & 0.615 & 0.836 \end{bmatrix}^{1/2} (\mu \times K(3))^2 \times \left[\Gamma\left(\frac{5}{2}\right) \right]^{-1} \\
&\quad \times \begin{bmatrix} 1 \\ 88 \\ 87 \end{bmatrix} \\
&\quad + \frac{88}{87} [7.351 - 5 \quad 4.206 - 5 \quad 3.459 - 5] \times \begin{bmatrix} 0.741 & 0.087 & -0.036 \\ 0.087 & 2.349 & -1.724 \\ -0.036 & -1.724 & 2.463 \end{bmatrix} \\
&\quad \times \begin{bmatrix} 7.351 - 5 \\ 4.206 - 5 \\ 3.459 - 5 \end{bmatrix}^{1/2} \\
&= 444.4142 \tag{16}
\end{aligned}$$

Dengan p adalah jumlah variabel sebanyak 3 dan $\Gamma(2)$ adalah fungsi gamma yang bernilai 1.33. Kemudian menghitung daerah proses variasi (volume R_2) yang juga berbentuk ellipsoida.

Berdasarkan persamaan() dan () diperoleh nilai multivariat (MC_{pm})

$$\begin{aligned}
MC_{pm} &= \frac{vol(R_1)}{|S|^{\frac{1}{2}}(\mu K(p))^{p/2} [\Gamma(\frac{p}{2} + 1)]^{-1}} \times \frac{1}{[1 + \frac{n}{n-1} (\bar{x}_i - T_i)' S^{-1} (\bar{x}_i - T_i)]} \\
MC_{pm} &= \frac{vol(R_1)}{vol(R_2)} = \frac{928.0543}{444.4142} = 2.08 \tag{17}
\end{aligned}$$

Pada perhitungan kapabilitas proses multivariat (MC_{pm}) menghasilkan nilai 2.08 > 1, sehingga proses multivariate dari variabel porositas, korosi dan karat telah *capable*. Berdasarkan uji visual pada gambar ellipsoida diatas dan hasil perhitungan kapabilitas proses multivariat (MC_{pm}), keduanya menyatakan bahwa proses multivariat *capable*. Jadi, dapat disimpulkan bahwa kapabilitas proses pada produksi baja karbon sudah memenuhi spesifikasi.

5) Menghitung Level Sigma

Setelah proses produksi dinyatakan *capable* berdasarkan diagram kontrol maka sudah dapat menghitung level sigma pada proses produksi baja karbon. Batas spesifikasi yang terdapat produksi pada baja karbon hanya USL (*Upper Specification limit*) sebesar 10% untuk setiap cacat yang telah ditentukan oleh perusahaan. DPMO dan level sigma dapat dihitung sebagai berikut :

Cacat yang berada diatas nilai USL

$$DPMO = P \left[Z \geq \frac{(USL - \bar{z}_1)}{s_{z_1}} \right] \times 1000000$$

$$\begin{aligned}
&= P \left[Z \geq \frac{(10-7.311)}{1.1644} \right] \times 1000000 \\
&= [1 - 0.9895377] \times 1000000 \\
&= 0.01046225 \times 1000000 \\
&= 10462.25 \approx 10462 \tag{18}
\end{aligned}$$

Dengan menggunakan batas spesifikasi atas sebesar 10 dapat menentukan level sigma untuk Porositas, yaitu :

$$\begin{aligned}
\text{Level Sigma} &= \text{NORMSINV} \left(1 - \frac{\text{DPMO}}{1000000} \right) + 1.5 \\
&= \text{NORMSINV} \left(1 - \frac{10462}{1000000} \right) + 1.5 \\
&= 3.80 \tag{19}
\end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus yang sama , diperoleh DPMO dan level sigma untuk setiap karakteristik kualitas dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4 Perbandingan Volume R_1 & R_2

Variabel	DPMO	Level Sigma
Porositas	10462	3.8
Korosi	1352	4.5
Retak	305	4.9

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat variabel porositas memiliki DPMO tertinggi sebesar 10462 dan Retak memiliki DPMO terendah sebesar 305 sedangkan untuk level sigma terendah terdapat pada porositas sebesar 3.8 dan level sigma tertinggi pada variabel retak sebesar 4.9.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang diperoleh pada Bab IV sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa diagram kontrol *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* merupakan salah satu metode untuk mengontrol rata-rata proses produksi. Penerapan diagram kontrol *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA) pada data karakteristik kualitas proses produksi baja karbon tanggal 1 Februari sampai 30 Maret 2021 di PT.Raja Besi Semarang menunjukkan bahwa plot-plot berada diantara Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB) dengan pembobot $\lambda = 0.7$, BKA sebesar 196.6649 dan BKB = 0. Nilai kapabilitas proses multivariate yang dihasilkan yaitu 2.08 dan juga dapat dilihat dari volume elipsoida kapabilitas multivariate volume $R_1 > R_2$ dan tidak terdapat titik sampel berada diluar kulit elipsoida dari volume gabungan yang menggambarkan bahwa pada proses produksi baja karbon berjalan sesuai dengan standar.

Dan level sigma yang dihasilkan dalam produksi baja karbon untuk porositas sebesar 3.8, korosi sebesar 4.5 dan karat sebesar 4.8. Untuk mencapai tujuan 6 sigma / 3.4 cacat per satu juta kejadian, perlu dilakukan upaya untuk mengurangi cacat dalam produksi baja karbon.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahsan, M., Arista, F. D., Ramadini, S. D. 2021. *Pengendalian Kualitas Statistik pada Tepung Menggunakan Diagram pengendali Multivariat*. INFERENSI Vol. 4, No. 2: Hal. 109 – 119.
- Andespa, I. 2020. *Analisis Pengendalian Mutu dengan Menggunakan Statistical Quality Control (SQC) pada PT.Pratama Abadi Industri (Jx) Sukabumi*. E-Jurnal Ekonomi dan Bisnis Universitas Udayana Vol. 9, No. 2: Hal. 129-160.
- Gaspersz, V. 2001. *Metode Analisis Untuk Peningkatan Kualitas*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- rcidiacono, A., Nuzzi, S. 2017. *A Review of the Fundamentals on Process Capability, Process Performance, and Process Sigma, and an Introduction to Process Sigma Split*. International Journal of Applied Engineering Research Vol. 12, No. 14: Hal. 4556 – 4570.
- Haryatmi, S., & Guritno, S. 2008. *Metode Statistika Multivariat*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Juran, J. M., & Godfrey, A. 1998. *Juran's Quality Handbook Fifth Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Kotler, P., & Keller, K. L. 2009. *Manajemen Pemasaran Edisi 13 Jilid 1*. Diterjemahkan oleh: Bob Sabran. Jakarta: Erlangga.
- Montgomery, D. C. 2009. *Introduction to Statistical Quality Control 6th Edition*. United States of America: John & Wiley Sons, Inc.
- Morrison, D. 1990. *Multivariate Statistical Methods 3th Edition* . New York: Mc Graw Hill Publishing Company.
- Mustafid. 2017. *Statistika Dalam Proyek Six Sigma*. Semarang: UNDIP Press.