

Diagram Kendali Nonparamterik *Composite Exponentially Weighted Moving Average (CEWMA) Sign* dalam Proses Plating Aksesoris Mobil PT. XYZ

Firda Balqisa Ahmad*, Suliadi

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

*firda.balqisa20@gmail.com, suliadi@unisba.ac.id

Abstract. Control charts are one of the tools in Statistical Process Control (SPC) that are graphically used to control the production process. The first control chart to exist was the Shewhart control chart, but the control chart is not sensitive in detecting small shifts. So the alternative is the EWMA control chart which is able to detect small shifts, but there is still a problem because this diagram has the assumption that the observation process is normally distributed. Then a Nonparametric EWMA Sign control chart is proposed which can detect small shifts when the data conditions are not normally distributed. Furthermore, the combination of Shewhart and EWMA statistics has been done which aims to improve the accuracy of the diagram. Combining two EWMA statistics has also been done but assuming the distribution of quality characteristics is normal. Raza et al., 2022 proposed the CEWMA Sign Nonparametric control diagram method by combining two EWMA statistics to increase the sensitivity of the diagram. This control chart is more flexible to use because the parameter value λ in both EWMA statistics can be different (λ_1 and λ_2). In this thesis we apply the CEWMA Sign Nonparametric control chart to the data of the car accessory plating process at PT. XYZ which is a final or finishing process that has objectives including to beautify the appearance and protect a metal from interaction with the environment.

Keywords: *Statistical Process Control, Nonparametrik CEWMA Sign, Electro Plating.*

Abstrak. Diagram kendali merupakan salah satu alat dalam Statistical Process Control (SPC) yang secara grafis digunakan untuk mengontrol proses produksi. Diagram kendali yang pertama kali ada yaitu diagram kendali Shewhart, tetapi diagram kendali tersebut tidak sensitif dalam mendeteksi pergeseran yang kecil. Sehingga alternatifnya yaitu diagram kendali EWMA yang mampu mendeteksi pergeseran yang kecil, tetapi masih ada masalah karena diagram ini memiliki asumsi bahwa proses pengamatan berdistribusi normal. Kemudian diusulkanlah diagram kendali Nonparametrik EWMA Sign yang dapat mendeteksi pergeseran kecil saat kondisi data tidak berdistribusi normal. Selanjutnya penggabungan statistik Shewhart dan EWMA pernah dilakukan yang bertujuan untuk meningkatkan akurasi diagram. Penggabungan dua statistik EWMA juga pernah dilakukan tetapi dengan asumsi distribusi karakteristik kualitasnya normal. Raza et al., 2022 mengajukan metode diagram kendali Nonparametrik CEWMA Sign dengan menggabungkan dua statistik EWMA untuk meningkatkan sensitivitas diagram. Diagram kendali ini lebih fleksibel untuk digunakan karena nilai parameter λ pada kedua statistik EWMA dapat berbeda (λ_1 dan λ_2). Dalam skripsi ini kami menerapkan diagram kendali Nonparametrik CEWMA Sign pada data proses plating aksesoris mobil pada PT. XYZ yang merupakan proses akhir atau finishing yang memiliki tujuan diantaranya adalah untuk memperindah tampilan dan melindungi suatu logam dari interaksi dengan lingkungan.

Kata Kunci: *Statistical Process Control, Nonparametrik CEWMA Sign, Electro Plating.*

A. Pendahuluan

Pengendalian kualitas merupakan aktivitas keteknikan dan manajemen di mana dalam aktivitas ini mengukur ciri-ciri kualitas produknya, membandingkan dengan spesifikasi atau persyaratan, dan mengambil tindakan perbaikan yang sesuai apabila terjadi perbedaan antara produk yang dihasilkan dengan standar yang sudah ditentukan. *Statistical Process Control* (SPC) merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan untuk mengawasi, mengontrol, dan menganalisis proses produksi mulai dari penerimaan bahan baku sampai ke tangan konsumen dengan menggunakan metode-metode statistik Montgomery (2009).

Diagram kendali merupakan salah satu alat SPC yang secara grafis digunakan untuk mengontrol proses produksi agar berjalan dengan stabil dengan cara mendeteksi adanya variasi atau penyimpangan dalam proses. Diagram kendali dapat mendeteksi sinyal *out of control* saat terjadi pergeseran rata-rata dari pusat distribusi pengamatan hingga melebihi batas kendali (Amin et al., 2014). Diagram kendali terdiri atas garis tengah yang merupakan nilai rata-rata dari karakteristik kualitas, serta dua garis lain yang menyatakan batas pengendalian atas dan batas pengendalian bawah (Montgomery, 2009).

Diagram kendali EWMA pertama kali diperkenalkan oleh Roberts pada tahun 1959 yang merupakan diagram kendali untuk mendeteksi pergeseran rata-rata proses yang relatif kecil. Menurut Montgomery (2009) pergeseran dikatakan kecil jika besarnya pergeseran proses kurang dari $1,5\sigma$. Diagram kendali EWMA menggunakan informasi dari data sampel sebelumnya dan data diberi bobot menurun secara eksponensial sehingga mampu lebih cepat mendeteksi sinyal *out of control* dibandingkan dengan diagram kendali Shewhart (Khan et al. 2018).

Diagram kendali *Nonparametric Composite Exponentially Weighted Moving Average* (CEWMA) Sign diperkenalkan dengan menggabungkan dua statistik EWMA untuk meningkatkan sensitivitas diagram (M. A. Raza et al. 2022). Pada mulanya, penggabungan dua statistik ini telah dilakukan oleh Lucas (1982) yang menggabungkan statistik Shewhart dan CUSUM, kemudian penggabungan statistik Shewhart dan EWMA yang dilakukan oleh (Lucas and Saccucci 1990). Tujuannya adalah untuk meningkatkan akurasi diagram kendali karena diagram kendali Shewhart baik untuk mendeteksi pergeseran besar sedangkan diagram kendali CUSUM dan diagram kendali EWMA baik untuk mendeteksi pergeseran kecil.

Untuk lebih meningkatkan tingkat akurasi diagram, (Haq 2013) merancang diagram kendali *Hybrid Exponentially Weighted Moving Average* (HEWMA) dengan menggabungkan dua statistik EWMA. Diagram kendali HEWMA ini dirancang dengan asumsi bahwa distribusi karakteristik kualitasnya normal, hal ini tentunya menjadi kekurangan bagi diagram kendali HEWMA karena tidak bisa diterapkan pada data yang tidak berdistribusi normal. Selanjutnya (Muhammad Ali Raza et al. 2020) merancang diagram kendali *Nonparametric Double Exponentially Weighted Moving Average* (DEWMA) yang juga menggabungkan dua statistik EWMA yang dapat diterapkan pada data tidak berdistribusi normal. Tetapi, penggunaan diagram kendali DEWMA ini menjadi terbatas karena nilai parameter λ untuk kedua statistik EWMA bernilai sama. Maka, diagram kendali CEWMA yang dirancang oleh (M. A. Raza et al. 2022) lebih fleksibel untuk digunakan karena sama-sama menggunakan dua statistik EWMA untuk meningkatkan sensitivitas diagram tetapi nilai parameter λ untuk kedua statistik EWMA bisa menggunakan nilai yang berbeda (λ_1 dan λ_2) (Risnandar & Achmad, 2023).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, permasalahan yang dapat diidentifikasi adalah bagaimana menerapkan Diagram Kendali *Nonparametric Composite Exponentially Weighted Moving Average* (CEWMA) Sign pada data proses plating dalam produksi aksesoris mobil di PT. XYZ. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini untuk mengetahui bagaimana penerapan Diagram Kendali *Nonparametric Composite Exponentially Weighted Moving Average* (CEWMA) Sign pada data proses plating dalam produksi aksesoris mobil di PT. XYZ.

B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari divisi *Quality Control* (QC)

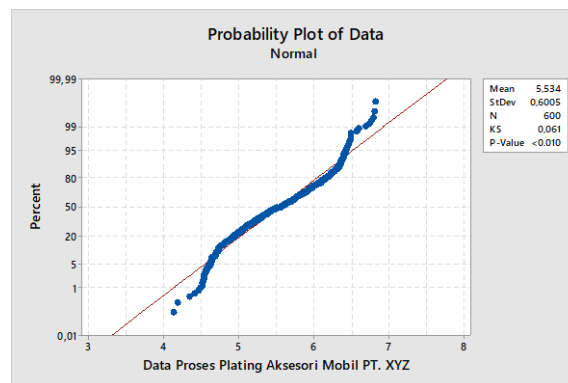
aksesori mobil pada PT. XYZ. Data inspeksi aksesoris mobil yang digunakan yaitu data variabel Proses *Plating* pada aksesoris mobil. Data terdiri dari 60 sampel (hari) aksesoris mobil dengan 10 kali pengamatan proses *plating* pada setiap hari dengan satuan pengamatan micrometer (μm). Demi menjaga kerahasiaan perusahaan, data yang ditampilkan bukan merupakan data yang sebenarnya. Melainkan data asli yang dikurangi oleh nilai tertentu (Δ), demikian juga dengan nilai target. Berikut merupakan data pengamatan proses *plating* pada aksesoris mobil di PT XYZ dengan nilai target $5,5\mu m$.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Uji Normalitas Data

Salah satu cara penentuan uji parametrik dan nonparametrik adalah dengan melakukan uji normalitas pada data. Tujuan dari uji normalitas pada penelitian ini adalah untuk memastikan bahwa data tidak memenuhi asumsi normalitas sehingga dapat dilakukan uji nonparametrik yaitu *sign test* pada diagram kendali nonparametrik CEWMA *Sign*. Berikut ini uji normalitas dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov pada data proses *plating* aksesoris mobil PT. XYZ dengan bantuan *software* Minitab didapatkan hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 dengan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : Data berdistribusi normal; H_1 : Data tidak berdistribusi normal.



Gambar 1. Hasil Uji Normalitas Data Proses Plating

Gambar 1 menunjukkan hasil uji normalitas dari data proses *plating* dengan nilai P – *value* $< 0,010$ artinya nilai tersebut kurang dari taraf signifikan ($\alpha = 0,05$) sehingga dapat disimpulkan bahwa data tidak berdistribusi normal. Karena data tidak berdistribusi normal, maka diagram kendali nonparametrik CEWMA *sign* dapat diterapkan pada data proses *plating* aksesoris mobil PT. XYZ.

Diagram Kendali *Nonparametric Composite Exponentially Moving Average (EWMA) Sign*

Diagram kendali Nonparametrik CEWMA *Sign* berfungsi untuk meningkatkan sensitivitas diagram dalam mendeteksi pergeseran proses yang relatif kecil pada data yang tidak memenuhi asumsi normalitas dengan melakukan dua tahap EWMA. Pada penelitian ini, akan dibuat diagram kendali nonparametrik CEWMA *sign* dengan menggunakan 3 kombinasi parameter λ_1 , λ_2 , dan k yang berbeda dengan $i = 60$ (sampel) dan $n = 10$ (pengamatan) atas rekomendasi Raza et al., (2022) yaitu diagram kendali nonparametrik CEWMA *sign* $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,05$ dengan nilai $k = 1,954$. Kemudian diagram kendali nonparametrik CEWMA *sign* $\lambda_1 = 0,05$, $\lambda_2 = 0,10$ dengan nilai $k = 2,092$. Terakhir, diagram kendali nonparametrik CEWMA *sign* $\lambda_1 = 0,05$, $\lambda_2 = 0,20$ dengan nilai $k = 2,227$.

Langkah awal yang dilakukan untuk membentuk diagram kendali Nonparametrik CEWMA *Sign* adalah menghitung nilai I_{ij} dan S_i menggunakan rumus (2.37) sebagai berikut:

$$M_{ij} = X_{ij} - \eta \text{ dan } I_{ij} = \begin{cases} 1; & \text{jika } M_{ij} > 0 \\ 0; & \text{lainnya} \end{cases}, i \text{ dan } j = 1, 2, \dots, n$$

Nilai target (η) telah ditentukan oleh perusahaan, yaitu sebesar $5,5\mu m$ dan akan

digunakan sebagai nilai rata-rata acuan untuk menentukan adanya penyimpangan dalam proses dengan cara menghitung $M_{ij} = X_{ij} - \eta$ yaitu selisih antara data proses plating aksesoris mobil PT. XYZ (X_{ij}) dengan nilai target ($\eta = 5,5$). Kemudian I_{ij} akan diberi tanda 1 jika $M_{ij} > 0$ serta tanda 0 untuk lainnya untuk setiap i dan $j = 1, 2, \dots, 60$ akan membentuk variabel acak S_i yang berdistribusi binomial. Hasil perhitungan I_{ij} dan S_i adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Output Hasil Perhitungan I_{ij} dan S_i

Sampel Aksesoris Mobil	Pengamatan Proses Plating dalam setiap sampel aksesoris mobil										S_i
	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_{10}	
1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	6
2	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	5
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
59	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
60	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3

Pada penelitian ini akan dibuat diagram kendali nonparametrik CEWMA *sign* dengan menggunakan 3 kombinasi parameter λ_1, λ_2 , dan k yang berbeda. Maka untuk diagram kendali nonparametrik CEWMA *sign* yang pertama adalah memiliki nilai parameter $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,05$ dengan nilai $k = 1,954$. Sehingga menghitung nilai Z_i dengan menggunakan rumus sebagai berikut: $Z_i = \lambda_2 S_i + (1 - \lambda_2) Z_{i-1}$

Diketahui $Z_0 = np = 10 \times 0,5 = 5$, sehingga

$$Z_1 = 0,05 \times 6 + (1 - 0,05)5 = 5,1$$

$$Z_2 = 0,05 \times 5 + (1 - 0,05)5,1 = 5,0475$$

$\vdots$

$$Z_{60} = 0,05 \times 3 + (1 - 0,05)5,34056 = 5,22353$$

Selanjutnya menghitung nilai H_i dengan menggunakan rumus (2.40) adalah sebagai berikut: $H_i = \lambda_1 Z_i + (1 - \lambda_1) H_{i-1}$

Diketahui $H_0 = np = 10 \times 0,5 = 5$, sehingga

$$H_1 = 0,05 \times 5,1 + (1 - 0,05)5 = 5,0025$$

$$H_2 = 0,05 \times 5,0475 + (1 - 0,05)5,0025 = 5,00475$$

$\vdots$

$$H_{60} = 0,05 \times 5,22353 + (1 - 0,05)5,13637 = 5,14073$$

Kemudian menentukan batas kendali (UCL dan LCL) serta nilai tengah (CL) menggunakan rumus (2.50):

$$UCL = np + k\sqrt{V(H_i)}$$

$$CL = np$$

$$LCL = np - k\sqrt{V(H_i)}$$

Batas kendali untuk $i = 1$

$$UCL = 10 \times 0,5 + 1,954\sqrt{0,00001563} = 5,007723863$$

$$CL = np = 10 \times 0,5 = 5$$

$$LCL = 10 \times 0,5 - 1,954\sqrt{0,00001563} = 4,992276137$$

Batas kendali untuk $i = 2$

$$UCL = 10 \times 0,5 + 1,954\sqrt{0,00005655} = 5,01469465$$

$$CL = np = 10 \times 0,5 = 5$$

$$LCL = 10 \times 0,5 - 1,954\sqrt{0,00005655} = 4,98530535$$

$\vdots$

Batas kendali untuk $i = 60$

$$UCL = 10 \times 0,5 + 1,954\sqrt{0,00163669} = 5,079050973$$

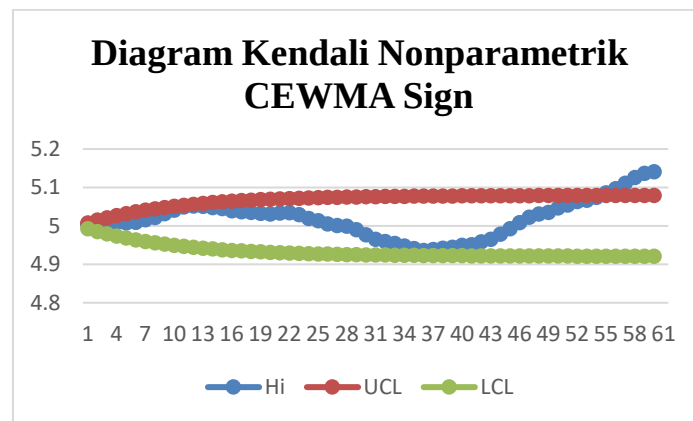
$$CL = np = 10 \times 0,5 = 5$$

$$LCL = 10 \times 0,5 - 1,954\sqrt{0,00163669} = 4,920949027$$

Tabel 2. Perhitungan untuk Diagram Kendali Nonparametrik CEWMA Sign dengan $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,05$ dan $k = 1,954$

Sampel Aksesoris Mobil	S_i	Z_i	H_i	$V(H_i)$	UCL	CL	LCL	Keterangan
1	6	5,05	5,0025	1,6E-05	5,00772	5	4,99228	Terkendali
2	5	5,0475	5,00475	5,7E-05	5,01469	5	4,98531	Terkendali
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
59	4	5,34056	5,13637	0,00164	5,07903	5	4,92097	Tidak Terkendali
60	3	5,22353	5,14073	0,00164	5,07905	5	4,92095	Tidak Terkendali

Berikut merupakan diagram kendali nonparametrik CEWMA *sign* untuk memonitor rata-rata proses pada data proses *plating* aksesoris mobil PT. XYZ untuk $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,05$.



Gambar 2. Diagram Kendali Nonparametrik CEWMA Sign untuk $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,05$.

Gambar 2 menunjukkan bahwa batas dari diagram kendali nonparametrik CEWMA *sign* dengan $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,05$ bervariasi berada pada kisaran 4,93568 sampai 5,14073 dengan nilai rata-rata 5. Pengendalian kualitas proses *plating* aksesoris mobil PT. XYZ menunjukkan bahwa proses berada dalam kondisi tidak terkendali (*out-of-control*) pada titik plot ke-55 hingga titik plot ke-60.

Selanjutnya membuat diagram kendali nonparametrik CEWMA *sign* yang pertama adalah memiliki nilai parameter $\lambda_1 = 0,05$ dan $\lambda_2 = 0,10$ dengan nilai $k = 2,092$. Sehingga menghitung nilai Z_i dengan menggunakan rumus (2.41) adalah sebagai berikut: $Z_i = \lambda_2 S_i + (1 - \lambda_2)Z_{i-1}$

Diketahui $Z_0 = np = 10 \times 0,5 = 5$, sehingga

1. $Z_1 = 0,10 \times 6 + (1 - 0,10)5 = 5,1$
2. $Z_2 = 0,10 \times 5 + (1 - 0,10)5,1 = 5,09$
- ⋮
3. $Z_{60} = 0,10 \times 3 + (1 - 0,10)5,4704 = 5,22336$

Selanjutnya menghitung nilai H_i dengan menggunakan rumus $H_i = \lambda_1 Z_i + (1 - \lambda_1)H_{i-1}$

Diketahui $H_0 = np = 10 \times 0,5 = 5$, sehingga

1. $H_1 = 0,05 \times 5,1 + (1 - 0,05)5 = 5,005$
2. $H_2 = 0,05 \times 5,09 + (1 - 0,05)5,005 = 5,00925$
- ⋮
3. $H_{60} = 0,05 \times 5,22336 + (1 - 0,05)5,2237 = 5,22368$

Kemudian menentukan batas kendali (UCL dan LCL) serta nilai tengah (CL) menggunakan rumus: $UCL = np + k\sqrt{V(H_i)}$; $CL = np$; $LCL = np - k\sqrt{V(H_i)}$

1. Batas kendali untuk $i = 1$

$$UCL = 10 \times 0,5 + 2,092\sqrt{0,00006250} = 5,016538712$$

$$CL = np = 10 \times 0,5 = 5$$

$$LCL = 10 \times 0,5 - 2,092\sqrt{0,00006250} = 4,983461288$$

2. Batas kendali untuk $i = 2$

$$UCL = 10 \times 0,5 + 2,092\sqrt{0,00021522} = 5,030690454$$

$$CL = np = 10 \times 0,5 = 5$$

$$LCL = 10 \times 0,5 - 2,092\sqrt{0,00021522} = 4,969309546$$

⋮

3. Batas kendali untuk $i = 60$

$$UCL = 10 \times 0,5 + 2,092\sqrt{0,00336665} = 5,121383739$$

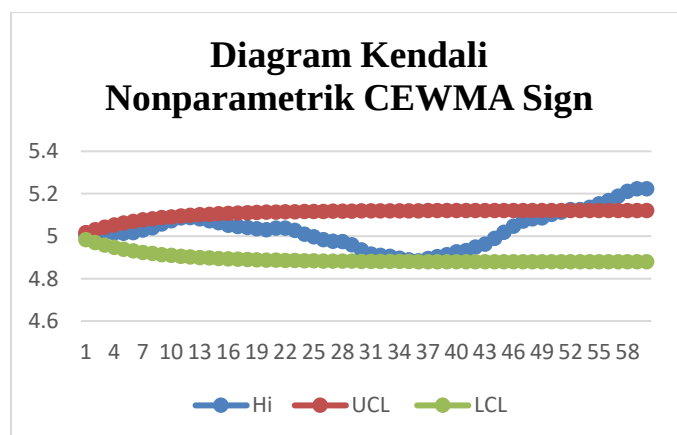
$$CL = np = 10 \times 0,5 = 5$$

$$LCL = 10 \times 0,5 - 2,092\sqrt{0,00336665} = 4,878616261$$

Tabel 3. Perhitungan untuk Diagram Kendali Nonparametrik CEWMA Sign dengan $\lambda_1 = 0,05$, $\lambda_2 = 0,10$ dan $k = 2,092$

Sampel Aksesoris Mobil	S_i	Z_i	H_i	$V(H_i)$	UCL	CL	LCL	Keterangan
1	6	5,1	5,005	6,3E-05	5,01654	5	4,98346	Terkendali
2	5	5,09	5,00925	0,00022	5,03069	5	4,96931	Terkendali
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
59	4	5,4704	5,2237	0,00337	5,12137	5	4,87863	Tidak Terkendali
60	3	5,22336	5,22368	0,00337	5,12138	5	4,87862	Tidak Terkendali

Berikut merupakan diagram kendali nonparametrik CEWMA *sign* untuk memonitor rata-rata proses pada data proses *plating* aksesoris mobil PT. XYZ untuk $\lambda_1 = 0,05$ dan $\lambda_2 = 0,10$.



Gambar 3. Diagram Kendali Nonparametrik CEWMA Sign untuk $\lambda_1 = 0,05$ dan $\lambda_2 = 0,10$.

Gambar 4 menunjukkan bahwa batas dari diagram kendali nonparametrik CEWMA *sign* dengan $\lambda_1 = 0,05$, $\lambda_2 = 0,10$ bervariasi berada pada kisaran 4,88319 sampai 5,2237

dengan nilai rata-rata 5. Pengendalian kualitas proses *plating* aksesoris mobil PT. XYZ menunjukkan bahwa proses berada dalam kondisi tidak terkendali (*out-of-control*) pada titik plot ke-52 hingga titik plot ke-60.

Kemudian membuat diagram kendali nonparamterik CEWMA *sign* yang pertama adalah memiliki nilai parameter $\lambda_1 = 0,05$ dan $\lambda_2 = 0,80$ dengan nilai $k = 2,481$. Sehingga menghitung nilai Z_i dengan menggunakan rumus sebagai berikut: $Z_i = \lambda_2 S_i + (1 - \lambda_2)Z_{i-1}$

Diketahui $Z_0 = np = 10 \times 0,5 = 5$, sehingga

1. $Z_1 = 0,80 \times 6 + (1 - 0,80)5 = 5,8$
2. $Z_2 = 0,80 \times 5 + (1 - 0,80)5,8 = 5,16$
- ⋮
3. $Z_{60} = 0,80 \times 3 + (1 - 0,80)4,42698 = 3,2854$

Selanjutnya menghitung nilai H_i dengan menggunakan rumus (2.40) adalah sebagai berikut: $H_i = \lambda_1 Z_i + (1 - \lambda_1)H_{i-1}$.

Diketahui $H_0 = np = 10 \times 0,5 = 5$, sehingga

1. $H_1 = 0,05 \times 5,8 + (1 - 0,05)5 = 5,04$
2. $H_2 = 0,05 \times 5,16 + (1 - 0,05)5,04 = 5,046$
- ⋮
3. $H_{60} = 0,05 \times 3,2854 + (1 - 0,05)5,35274 = 5,24937$

Kemudian menentukan batas kendali (UCL dan LCL) serta nilai tengah (CL) menggunakan rumus:

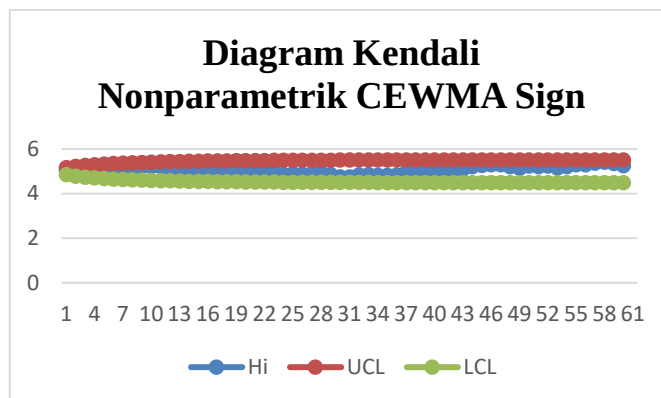
$$UCL = np + k\sqrt{V(H_i)}; CL = np; LCL = np - k\sqrt{V(H_i)}$$

1. Batas kendali untuk $i = 1$
 $UCL = 10 \times 0,5 + 2,481\sqrt{0,00400000} = 5,15691$
 $CL = np = 10 \times 0,5 = 5$
 $LCL = 10 \times 0,5 - 2,481\sqrt{0,00400000} = 4,84309$
2. Batas kendali untuk $i = 2$
 $UCL = 10 \times 0,5 + 2,481\sqrt{0,00791440} = 5,22072$
 $CL = np = 10 \times 0,5 = 5$
 $LCL = 10 \times 0,5 - 2,481\sqrt{0,00791440} = 4,77928$
- ⋮
3. Batas kendali untuk $i = 60$
 $UCL = 10 \times 0,5 + 2,481\sqrt{0,04264434} = 5,51234$
 $CL = np = 10 \times 0,5 = 5$
 $LCL = 10 \times 0,5 - 2,481\sqrt{0,04264434} = 4,48766$

Tabel 4. Perhitungan untuk Diagram Kendali Nonparamterik CEWMA Sign dengan $\lambda_1 = 0,05$, $\lambda_2 = 0,20$ dan $k = 2,227$

Sampel Aksesoris Mobil	S_i	Z_i	H_i	$V(H_i)$	UCL	CL	LCL	Keterangan
1	6	5,8	5,04	0,004	5,15691	5	4,84309	Terkendali
2	5	5,16	5,046	0,00791	5,22072	5	4,77928	Terkendali
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
59	4	4,42698	5,35274	0,04263	5,51228	5	4,48772	Terkendali
60	3	3,2854	5,24937	0,04264	5,51234	5	4,48766	Terkendali

Berikut merupakan diagram kendali nonparamterik CEWMA *sign* untuk memonitor rata-rata proses pada data proses *plating* aksesoris mobil PT. XYZ untuk $\lambda_1 = 0,05$ dan $\lambda_2 = 0,80$.



Gambar 4. Diagram Kendali Nonparametrik CEWMA Sign untuk $\lambda_1 = 0,05$ dan $\lambda_2 = 0,80$.

Gambar 5 menunjukkan bahwa batas dari diagram kendali nonparametrik CEWMA sign dengan $\lambda_1 = 0,05$, $\lambda_2 = 0,80$ bervariasi berada pada kisaran 4,74113 sampai 5,40147 dengan nilai rata-rata 5. Pengendalian kualitas proses *plating* aksesoris mobil PT. XYZ menunjukkan bahwa proses berada dalam kondisi terkendali (*in-control*).

Pada penelitian ini yaitu pengamatan proses *plating* aksesoris mobil PT. XYZ menunjukkan kondisi yang tidak terkendali (*out-of-control*) pada saat menggunakan parameter $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,05$ dan $k = 1,954$ dan saat menggunakan parameter $\lambda_1 = 0,05$, $\lambda_2 = 0,10$ dan $k = 2,092$. Sedangkan saat menggunakan parameter $\lambda_1 = 0,05$, $\lambda_2 = 0,80$ dan $k = 2,481$ menunjukkan kondisi yang terkendali (*in-control*). Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil nilai parameter yang digunakan, maka diagram kendali nonparametrik CEWMA sign akan semakin sensitif terhadap pergeseran rata-rata proses.

Dua dari tiga diagram kendali yang dibuat mendeteksi adanya penyimpangan rata-rata pada proses berupa titik-titik plot yang keluar dari batas kendali. Titik plot yang melewati batas kendali merupakan bentuk peringatan adanya kelebihan ataupun kekurangan saat proses produksi yang dalam hal ini adalah proses *plating* atau proses pelapisan sehingga melampaui batas kendali. Penyebab dari kondisi ini harus segera diatasi untuk menghindari adanya variasi berupa perbedaan kualitas yang semakin banyak.

Kondisi tidak terkendali (*out-of-control*) pada proses *plating* aksesoris mobil pada umumnya terjadi karena adanya variasi penyebab khusus dalam proses yang berdampak pada perbedaan kualitas produk yang dihasilkan. Variasi penyebab khusus yang dimaksud pada penelitian ini merupakan kesalahan yang disebabkan oleh kejadian di luar sistem yang dapat bersumber dari faktor kelalaian manusia, mesin, bahan baku, dan metode kerja.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis serta pembahasan pada BAB IV, bahwa pada data proses *plating* aksesoris mobil PT. XYZ sudah memiliki nilai target atau standar tersendiri yaitu sebesar $5\mu\text{m}$, sehingga penerapan diagram kendali fase I tidak perlu dilakukan. Selanjutnya setelah dilakukan uji normalitas menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov didapatkan hasil bahwa data tidak berdistribusi normal yang artinya dapat diterapkan pada diagram kendali nonparametrik CEWMA sign.

Pada penelitian ini yaitu pengamatan proses *plating* aksesoris mobil PT. XYZ menunjukkan kondisi yang tidak terkendali (*out-of-control*) pada saat menggunakan parameter $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,05$ dan $k = 1,954$ dan saat menggunakan parameter $\lambda_1 = 0,05$, $\lambda_2 = 0,10$ dan $k = 2,092$. Sedangkan saat menggunakan parameter $\lambda_1 = 0,05$, $\lambda_2 = 0,80$ dan $k = 2,481$ menunjukkan kondisi yang terkendali (*in-control*). Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil nilai parameter yang digunakan, maka diagram kendali nonparametrik CEWMA sign akan semakin sensitif dalam mendeteksi adanya pergeseran rata-rata proses.

Kondisi tidak terkendali (*out-of-control*) pada proses *plating* aksesoris mobil pada umumnya terjadi karena adanya variasi penyebab khusus dalam proses yang berdampak pada

perbedaan kualitas produk yang dihasilkan. Variasi penyebab khusus yang dimaksud pada penelitian ini merupakan kesalahan yang disebabkan oleh kejadian di luar sistem yang dapat bersumber dari faktor kelalaian manusia, mesin, bahan baku, dan metode kerja. Oleh karena itu, penting bagi perusahaan untuk melakukan pemeriksaan secara rutin agar dapat terhindar dari kejadian yang tidak diinginkan.

Acknowledge

Dalam proses penyusunan skripsi ini sedikit banyaknya kesulitan yang penulis alami. Namun, dengan segala bentuk dukungan dan bantuan semua pihak yang bersangkutan, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas nikmat, Rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar.
2. Orang tua dan keluarga tercinta yang senantiasa mendo'akan dan memberikan dukungan moral maupun materi kepada penulis.
3. Bapak Suliadi, M.Si., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan bagi penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Statistika Unisba, yang telah memberikan ilmu dan wawasan selama perkuliahan.
5. Aya, Ratih, Tasya, Nanda, Putri, Philip, Iqbal, Aldia, Zakya, dan lainnya yang Namanya tidak dapat disebut satu persatu selaku teman-teman penulis yang selalu memberikan bantuan, dukungan, dan semangat kepada penulis, serta menemani penulis hingga dapat menyelesaikan perkuliahan ini.

Semoga kebaikan dan bantuan yang diberikan kepada penulis dibalas berkali lipat oleh Allah SWT. *Aamiin*. Penulis mengharapkan proposal skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca. Penulis menyadari terdapat kekurangan dalam pembuatan proposal skripsi. Oleh karena itu penulis mengharapkan masukan serta kritik yang membangun dari berbagai pihak untuk menyempurnakan proposal skripsi ini.

Daftar Pustaka

- [1] Abbasi, Saddam Akber. 2010. "On Sensitivity of EWMA Control Chart for Monitoring Process Dispersion." III.
- [2] Darmawi. 2018. "Pelapisan Logam." : 1–103. <https://123dok.com/document/zl93446z-welcome-eprints-sriwijaya-university-unsri-online-repository.html>.
- [3] Graham, M. A., S. W. Human, and S. Chakraborti. 2010. "A Phase I Nonparametric Shewhart-Type Control Chart Based on the Median." *Journal of Applied Statistics* 37(11): 1795–1813.
- [4] Haq, Abdul. 2013. "A New Hybrid Exponentially Weighted Moving Average Control Chart for Monitoring Process Mean." *Quality and Reliability Engineering International* 29(7): 1015–25.
- [5] Jones-Farmer, L. Allison, Victoria Jordan, and Charles W. Champ. 2009. "Distribution-Free Phase I Control Charts for Subgroup Location." *Journal of Quality Technology* 41(3): 304–16.
- [6] Khan, Muhammad Zahir et al. 2018. "A Fuzzy EWMA Attribute Control Chart to Monitor Process Mean." : 1–13.
- [7] Lucas, James M., and Michael S. Saccucci. 1990. "Exponentially Weighted Moving Average Control Schemes: Properties and Enhancements." *Technometrics* 32(1): 1–12.
- [8] Raza, M. A. et al. 2022. "A New Nonparametric Composite Exponentially Weighted Moving Average Sign Control Chart." *Scientia Iranica* 29(1 E): 290–302.

- [9] Raza, Muhammad Ali et al. 2020. "A New Nonparametric Double Exponentially Weighted Moving Average Control Chart." *Quality and Reliability Engineering International* 36(1): 68–87.
- [10] Riaz, Muhammad, and Saddam Akber Abbasi. 2016. "Nonparametric Double EWMA Control Chart for Process Monitoring." *Revista Colombiana de Estadística* 39(2): 167–84. <http://dx.doi.org/10.15446/rce.v39n2.58914>.
- [11] Walpole, Ronald E., Raymond H Myers.; "Ilmu Peluang Dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuawan", edisi ke-4, Penerbit ITB, Bandung, 1995.
- [12] Yang, Su Fen, Jheng Sian Lin, and Smiley W. Cheng. 2011. "A New Nonparametric EWMA Sign Control Chart." *Expert Systems with Applications* 38(5): 6239–43. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2010.11.044>.
- [13] Risnandar, A., & Achmad, A. I. (2023). Pemodelan Generalized Space Time Autoregressive untuk Meramalkan Indeks Harga Konsumen. *Jurnal Riset Statistika*, 43–50. <https://doi.org/10.29313/jrs.v3i1.1792>