

Pengendalian Kualitas Produksi *Molding Ip-058016* Menggunakan Metode *Exponentially Weighted Moving Average (EWMA)* Menggunakan MATLAB di PT. Aneka Bonecom Component

Hidyah Husanatur Ridwah¹, Saufik Luthfianto²

^{1,2}Universitas Pancasakti Tegal

Jl. Halmahera KM 01, Kelurahan Mintaragen, Kec. Tegal Timur, Tegal

e-mail; hidyah05@gmail.com¹, saufikluthfianto@upstegal.ac.id²

Abstract

One method that can be used for quality control is a control chart. \bar{x} chart is statistical control, \bar{x} chart used to identify variable data over time. However, \bar{x} chart had a weakness. The weakness is seeing the average in this control chart. Exponentially weighted moving average (EWMA) can cover the weakness of the control chart. EWMA use parameter, the first parameter is λ , the weight given to the most recent subgroup mean. This make EWMA can do smoother than \bar{x} chart to detect moving average from data. This reserch calculate the movement of the average value one of the product from PT. Aneka Bonecom Component. This research uses the statistical process control method \bar{x} chart, then the average has been obtained can be used for created EWMA chart. By using software MATLAB 2023, the most optimum parameter is λ 0,6.

Keywords: Control chart, EWMA, MATLAB, Parameter, \bar{x} chart

Abstrak

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk pengendalian kualitas adalah peta kendali. Peta kendali \bar{x} digunakan untuk mengidentifikasi variasi data dari waktu ke waktu. Namun peta kendali \bar{x} memiliki kelemahan yaitu dalam melihat pergeseran rata-rata yang ada peta kendali ini kurang detail. *Exponentially Weighted Moving Average (EWMA)* dapat menutupi kekurangan dari peta kendali \bar{x} . EWMA menggunakan parameter lambda (λ) hal ini membuat EWMA lebih halus dalam mendeteksi pergerakan rata-rata. Penelitian ini menghitung nilai rata-rata salah satu dari produk yang di buat oleh PT Aneka Bonecom Component. Metode yang digunakan penelitian ini ialah perhitungan peta kendali \bar{x} , lalu rata-rata yang diperoleh digunakan untuk membuat peta kendali EWMA. Dengan bantuan perangkat lunak MATLAB 2023 diperoleh hasil yang paling optimum adalah dengan menggunakan bobot penghalus λ 0,6.

Kata kunci: EWMA, Grafik \bar{x} , Lambda (λ), MATLAB, Peta kendali

1. Pendahuluan

Dalam memenuhi sasaran pasar yang ada perusahaan harus selalu menjaga kualitas produknya. Hal ini berguna untuk menjaga kepercayaan konsumennya. Dalam strategi bisnis penting sekali untuk perusahaan senantiasa mengendalikan, menjaga dan meningkatkan kualitasnya [1]. Perusahaan yang dapat bersaing dan bertahan hanyalah yang memiliki mutu yang tinggi, mengutamakan produktivitas dan efisiensi. Selain itu kualitas yang terjamin pada setiap perusahaan dapat berguna untuk meningkatkan kepuasan konsumen, serta pasar perusahaan akan semakin melebar [2].

PT. Aneka Bonecom Component merupakan Perusahaan yang bergerak dibidang karet dan manufaktur. Didalam produksinya PT. Aneka Bonecom Component menggunakan mesin, yaitu mesin Injection. PT. Aneka Bonecom Component di dalam produksinya mampu menghasilkan ± 50 ribu pcs per harinya. Namun selayaknya perusahaan pada umumnya, PT.

Aneka Bonecom Component sering kali mengalami kendala. Salah satu kendala yang dialami oleh PT. Aneka Bonecom Component ialah seringkali mengalami ketidakstabilan dari jumlah produksinya. Kestabilan dalam *output* yang dihasilkan oleh perusahaan merupakan hal yang penting karena hal ini dapat meningkatkan kepuasan dan loyalitas konsumen [3] [4]. Apabila *output* yang dihasilkan oleh perusahaan dalam keadaan stabil tentunya konsumen akan menganggap perusahaan memang mampu untuk menjaga kestabilan yang ada di dalamnya.

Berdasarkan pengamatan peneliti, diperlukan di dalam hal ini perlu dilakukan grafik analisis pengendalian, grafik yang tepat digunakan dalam penelitian ini yaitu grafik pengendali untuk rata-rata (\bar{x} control chart) dan grafik rentang (r control chart), namun dikarenakan grafik pengendali ini kurang mampu melihat pergeseran rata-rata dengan halus. Maka dari itu penggunaan grafik pengendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) dibutuhkan untuk mendeteksi pergeseran rata-rata dengan pergerakan yang lebih kecil, dikarenakan grafik pengendali EWMA memiliki bobot penghalu atau lambda (λ).

2. Metode Penelitian

Upaya yang dapat dilakukan untuk memastikan produksi yang dihasilkan sesuai dengan yang direncanakan dapat dilakukan dengan pengendalian dan pengawasan, sehingga jika terdapat penyimpangan bisa diperbaiki supaya yang direncanakan atau diharapkan dapat tercapai [5]. William Edward Deming mengatakan "*quality should be needs of the consumer, present and future*" yang mana bila diartikan secara bebas ialah kualitas harus sesuai dengan kebutuhan pelanggan yang ada saat ini dan saat yang akan datang [6]. Apabila produk yang dihasilkan sudah sesuai dengan kriteria pelanggan, maka kualitas produk dapat dinyatakan baik. Sedangkan apabila produk yang dihasilkan tidak sesuai kriteria yang telah ditentukan pelanggan maka dapat dinyatakan kualitas produknya jelek.

Kualitas yang baik ialah dia yang prosesnya terkendali. Suatu proses dikatakan terkendali apabila memiliki *mean* yang terkendali dan berada di sekitar target [7]. Grafik yang menunjukkan pola *random* atau memiliki titik jauh di atas batas kendali, artinya grafik kendali tidak terkendali. Keadaan terkendali dari proses adalah keadaan dimana proses stabil dan rata-rata proses tidak berubah. Meskipun semua titik-titik terletak di dalam batas pengendali, dan titik-titik itu bertingkah laku secara sistematis atau tak *random*, titik dari 11 titik terakhir terletak diatas garis tengah tetapi di bawah batas pengendali bawah, kita akan sangat curiga bahwa dalam proses produksi ada kesalahan [8] [9].

Bahasa pemrograman ada untuk memudahkan interaksi manusia dengan komputer. MATLAB (*Matrix Laboratory*) adalah aplikasi program yang berguna untuk menganalisis. Pemrograman ini menggunakan sifat dan bentuk matriks serta komputasi numerik, dan bahasa pemrograman matematika lanjutan. MATLAB hadir dengan bahasa pemrograman yang telah tertata rapi [10].

2.1 Pengendalian Kualitas

Pada dasarnya kualitas merupakan bagian utama yang harus ada di setiap perusahaan. Kualitas juga berperan sebagai jaminan yang akan diberikan kepada pelanggan. Berkualitas atau tidaknya suatu produk atau jasa dapat diukur dari kepuasan pelanggan. Apabila perusahaan memberikan kualitas yang baik maka perusahaan akan mendapat profit/keuntungan [7] [11].

Untuk mempertahankan konsumennya, produsen harus mampu menjaga kualitas produknya. Dalam upaya menjaga kualitas terhadap proses produksi, meski telah sebaik dan seteliti apaun proses produksi selalu terjadi kesalahan-kesalahan yang berakibat pada hasil produksi [8] [12].

2.2 Grafik Pengendali \bar{X} dan R

Grafik kendali $\bar{x} - R$ ialah grafik kendali dari variabel. Grafik kendali $\bar{x} - R$ ialah bagian kendali yang berfungsi mengendalikan proses berdasarkan rata-rata (\bar{x}) dan *range* (R) [13]. $\bar{x} - R$ chart bisa digunakan jika *sample* yang didapat berjumlah kurang dari 5 ($n < 5$) pada setiap sub sampel data. \bar{x} digunakan untuk pengendalian dalam proses produksi atau praproduksi setelah ditemukan batas kontrolnya, baru dilanjutkan dengan produk yang berpegang pada hasil tadi, dan sebagai garis tengahnya diambil dari rata-rata.

Dalam grafik kendali, kita juga harus mengetahui batas kendali dan juga batas spesifikasi. Batas spesifikasi juga dapat diartikan sebagai batas toleransi. Dengan demikian batas atas spesifikasi (*Upper Control Limit Specification*) adalah batas atas toleransi dan batas bawah

spesifikasi (*Lower Control Limit Specification*) adalah batas bawah toleransi. Bidang yang dibatasi oleh UCL dan LCL dikenal dengan nama daerah toleransi [14]. Dalam mencari CL, UCL dan LCL dapat digunakan perhitungan sebagai berikut [14]:

$$CL = \bar{X} = \frac{\sum \bar{x}}{n} \quad (1)$$

$$UCL = \bar{X} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad (2)$$

$$LCL = \bar{X} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad (3)$$

2.3 Perangkat Lunak MATLAB

Mathworks.Inc. mengembangkan perangkat lunak MATLAB. MATLAB merupakan pemrograman numerik, apabila di dalam pemrograman ini kita dapat mengubah bentuk masalah yang terjadi menjadi matriks, maka dari itu MATLAB merupakan perangkat lunak yang baik digunakan dalam penyelesaian numeriknya. MATLAB adalah bahasa pemrograman dengan tingkatan tinggi yang berbasis pada matriks. Masalah-masalah yang di dalamnya melibatkan operasi matematika, matrik, optimasi, elemen, dan sebagainya dapat diselesaikan dengan pemrograman MATLAB. Sehingga MATLAB sering digunakan untuk: (1) komputasi dan matematika, (2) algoritma dan pengembangan, (3) model pemrograman, dan simulasi (4) analisis data, visualisasi dan eksplorasi, (5) analisis numerik dan statistik, serta (6) pengembangan aplikasi pemrograman teknik [15].

2.4 Peta Kendali EWMA

EWMA (*Exponentially Weighted Moving Average*) adalah metode statistik yang digunakan dalam analisis data. EWMA digunakan untuk lebih memahami tren dan pola dalam kumpulan data. Tidak seperti rata-rata bergerak biasanya, EWMA berbeda. EWMA memberikan bobot yang sama pada semua titik data. EWMA memberikan bobot kepada titik data baru yang lebih besar. Ini berarti bahwa EWMA lebih menekankan dan lebih mampu menangkap pergeseran mean dengan lebih halus pada data. Hasilnya, EWMA lebih responsif terhadap peristiwa terkini dan dapat memberikan grafik yang lebih akurat daripada grafik sederhana yang mendasarinya. Fungsi EWMA terletak pada kemampuannya untuk mengurangi dampak *outlier* dan *noise* pada data. Melalui pemberian bobot yang lebih besar pada titik data terbaru, EWMA lebih efektif untuk “memperhalus” data. Operasi matematika EWMA adalah:

$$Y_j = \lambda X_j + (1 - \lambda)Y_{j-1} \quad (4)$$

dengan:

λ : nilai bobot EWMA dengan nilai $0 < \lambda \leq 1$

Y_j : EWMA

X_j : data total produksi saat waktu ke j

j : data 1,2,3,4, ..., n

Perhitungan untuk batas pada peta kendali EWMA adalah:

$$UCL = \bar{X} + LS \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} [1 - (1 - \lambda)^{2i}]} \quad (5)$$

$$CL = \bar{X} \quad (6)$$

$$LCL = \bar{X} - LS \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} [1 - (1 - \lambda)^{2i}]} \quad (7)$$

dengan:

L : nilai sigma

S : standar deviasi

2.5 Bentuk Data

Bentuk data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data yang diperoleh di PT. Aneka Bonecom Component. Data yang digunakan merupakan data total produksi dengan satuan pcs. Data yang dianalisis adalah data pada total produksi per hari IP-058016 periode Januari 2024 sampai dengan Februari 2024. Langkah-langkah yang dilakukan untuk melakukan penelitian ini adalah:

1. Memasukan data total produksi IP-058016.
2. Menganalisis menggunakan grafik pengendali \bar{x} .
3. Menganalisis menggunakan grafik pengendali EWMA.
4. Menentukan lambda atau bobot penghalus paling tepat.

3. Hasil dan Analisis

3.1 Deskripsi Data

Tabel 1. Data Total Produksi IP-058016

| No. | X2 | X1 | \bar{X} | \overline{MR} |
|----------------|---------|---------|-----------|-----------------|
| 1 | 6,864 | 3,240 | 5,052 | 3,624 |
| 2 | 8,712 | 5,912 | 7,312 | 2,800 |
| 3 | 6,003 | 5,898 | 5,951 | 105 |
| 4 | 8,961 | 2,434 | 5,698 | 6,527 |
| 5 | 8,526 | 6,145 | 7,336 | 2,381 |
| 6 | 8,178 | 6,398 | 7,288 | 1,780 |
| 7 | 7,221 | 3,900 | 5,561 | 3,321 |
| 8 | 9,657 | 5,912 | 7,785 | 3,745 |
| 9 | 10,005 | 1,316 | 5,661 | 8,689 |
| 10 | 7,830 | 4,499 | 6,165 | 3,331 |
| 11 | 7,295 | 4,820 | 6,058 | 2,475 |
| 12 | 5,913 | 5,635 | 5,774 | 278 |
| 13 | 6,075 | 4,921 | 5,498 | 1,154 |
| 14 | 8,586 | 3,134 | 5,860 | 5,452 |
| 15 | 7,614 | 4,915 | 6,265 | 2,699 |
| 16 | 4,374 | 2,916 | 3,645 | 1,458 |
| 17 | 8,262 | 3,600 | 5,931 | 4,662 |
| 18 | 5,508 | 3,200 | 4,354 | 2,308 |
| 19 | 8,262 | 5,873 | 7,068 | 2,389 |
| 20 | 5,589 | 6,521 | 6,055 | 932 |
| 21 | 8,100 | 4,680 | 6,390 | 3,420 |
| 22 | 8,910 | 4,016 | 6,463 | 4,894 |
| 23 | 8,262 | 5,875 | 7,069 | 2,387 |
| 24 | 2,673 | 5,395 | 4,034 | 2,722 |
| 25 | 9,153 | 5,955 | 7,554 | 3,198 |
| Σ | 186,533 | 117,110 | 151,821.5 | 76,731 |
| $\bar{\Sigma}$ | 7,461 | 4684.4 | 6,073 | 3,069 |

Dari data X1 dan X2 diperoleh data rata-rata (\bar{x}) dan data *moving range* (\overline{MR}). Data rata-rata (\bar{x}) inilah yang akan digunakan untuk mencari bobot penghalus EWMA yang paling efisien.

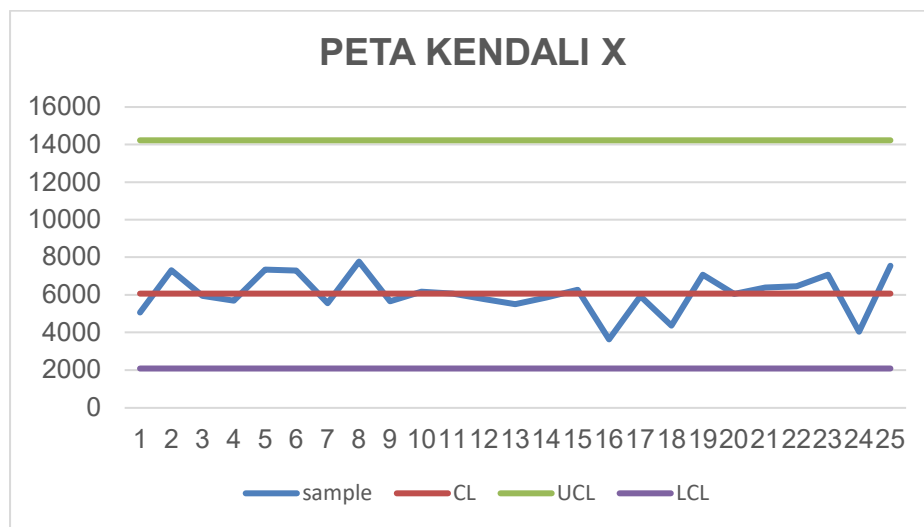
3.2 Peta Kendali \bar{X}

Grafik peta kendali \bar{x} digunakan untuk melihat apakah data total produksi sudah terkendali atau belum. Berdasarkan rumus CL, UCL dan LCL dapat dilihat dari Gambar 1, plot data yang dihasilkan berbentuk *random* atau acak. Dari grafik dapat dilihat juga tidak ada data yang melebihi batas atas dan batas bawah. Oleh karena itu tidak perlu ada data yang dibuang, sehingga penelitian selanjutnya menggunakan jumlah data yang sama yaitu 25 data.

$$CL = \bar{X} = \frac{\sum \bar{x}}{n} = \frac{151.825,5}{25} = 6.073 \quad (8)$$

$$UCL = \bar{X} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} = \bar{X} + 3 \frac{3.197}{1,128} = 14.576 \quad (9)$$

$$LCL = \bar{X} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} = \bar{X} - 3 \frac{3.197}{1,128} = 2.430 \quad (10)$$



Gambar 1. Peta kendali \bar{x}

3.3 Exponentially Weighted Moving Average (EWMA)

Sebelum menggunakan grafik ini ialah proses yang sebelumnya harus dalam keadaan stabil, artinya bahwa proses sebelumnya senantiasa dalam kendali. Kestabilan proses data dapat dianalisis dari data yang tersebar. Posisi data terletak di lingkup batas pengendali yaitu batas kendali bawah (LCL) dan batas kendali atas (UCL).

Peta kendali EWMA dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Y_j = \lambda X_j + (1 - \lambda)Y_{j-1} = \frac{1}{25}(151821,5) = 6072,86 \quad (11)$$

$$Y_1 = 0,1 \times 5.052 + (1 - 0,1) 6072,86 = 5970,77 \quad (12)$$

$$Y_2 = 0,1 \times 7321 + (1 - 0,1) 5970,77 = 6103,90 \quad (13)$$

$$Y_{25} = 0,1 \times 7554 + (1 - 0,1) 5881,56 = 6047,81 \quad (14)$$

Berikut rumus untuk menghitung Standar Deviasi, UCL dan LCL:

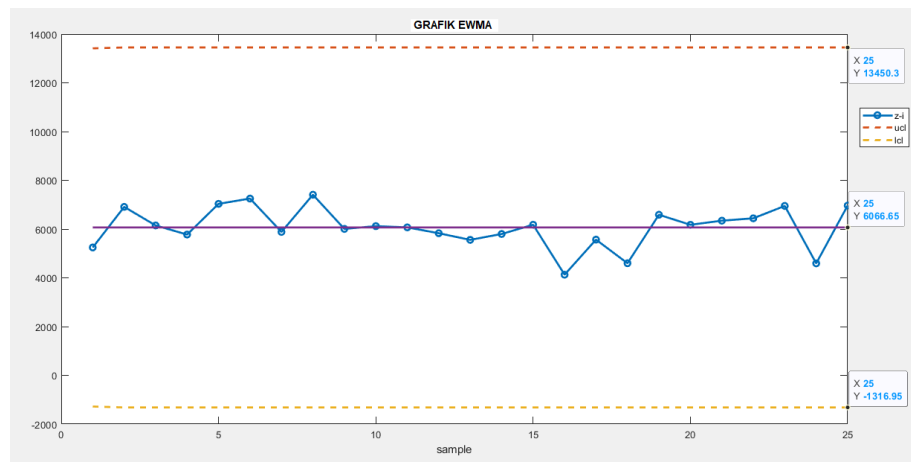
$$S = \frac{\overline{MR}}{d_2} = \frac{3.069}{1,128} = 2.720,92 \quad (15)$$

$$\begin{aligned}
 UCL &= \bar{X} + LS \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} [1 - (1-\lambda)^{2i}]} \\
 &= 6.072,28 + 3(2.720,96) \sqrt{\frac{0,1}{2-0,1} [1 - (1-0,1)^{2(25)}]} \\
 &= 7940,14
 \end{aligned} \tag{16}$$

$$\begin{aligned}
 LCL &= \bar{X} - LS \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} [1 - (1-\lambda)^{2i}]} \\
 &= 6.072,28 - 3(2.720,96) \sqrt{\frac{0,1}{2-0,1} [1 - (1-0,1)^{2(25)}]} \\
 &= 4204,42
 \end{aligned} \tag{17}$$

3.3.1 Grafik EWMA dengan 0,9

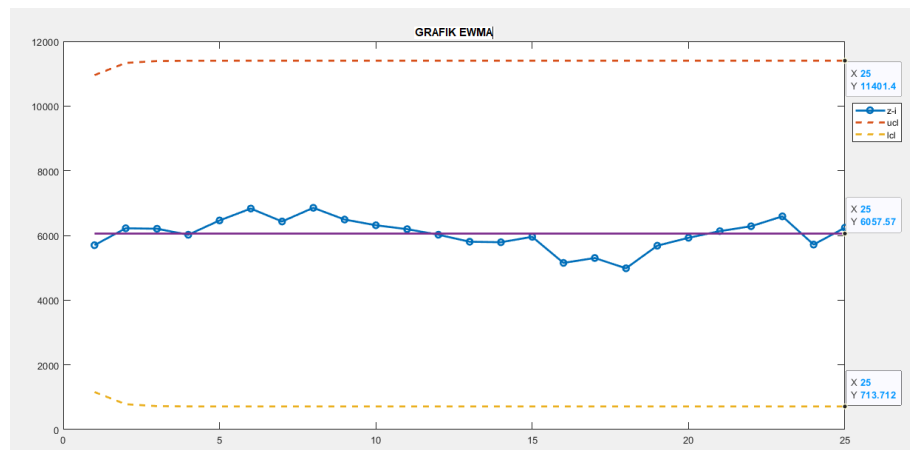
Menggunakan bantuan perangkat lunak MATLAB 2023, dibentuk grafik EWMA dengan λ sebesar 0,9. Hasilnya dapat dilihat pada gambar terdapat pergeseran *mean* pada data ke-17, data ke-17 bergerak kebawah menjadi tidak menyentuh batas tengah, hal ini membuktikan bahwa dengan menurunkan bobot penghalus dari 1 ke bobot penghalus λ 0,8 membuat grafik mengalami pergeseran. Selain itu penurunan bobot penghalus juga membuat grafik semakin banyak yang di atas nilai tengah. Terlihat pada grafik EWMA λ 0,8 terdapat 8 titik yang berada di atas nilai tengah.



Gambar 2. Grafik EWMA λ 0,9

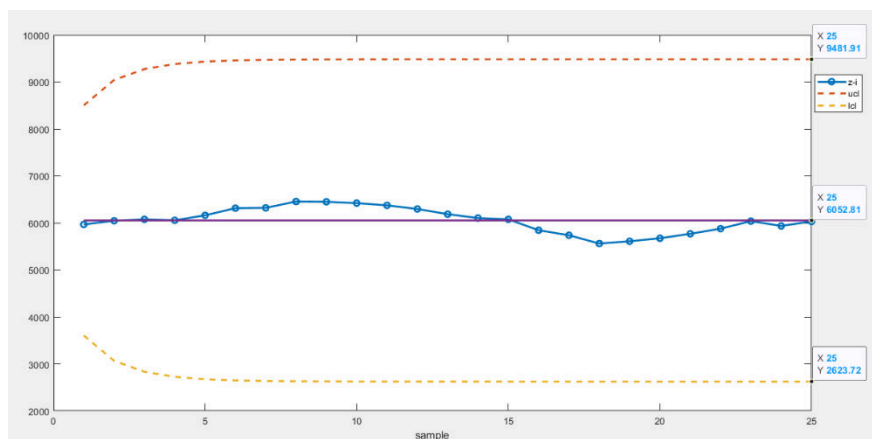
3.3.2 Grafik EWMA dengan λ 0,6

Pada bobot penghalus 0,6 terlihat plot grafik semakin baik. Pada data ke-7 dapat dilihat plot mengalami pergeseran *mean*, plot grafik berada diatas batas tengah. Hal ini membuktikan bahwa bobot penghalus 0,6 dinyatakan lebih baik dalam mendeteksi adanya pergeseran *mean* dibandingkan bobot sebelumnya yaitu bobot 0,8. Kemudian setelah menggunakan bobot penghalus 0,6, grafik menunjukkan sebaran titik di atas nilai tengah yaitu pada data ke-5 sampai ke-9. Namun saat bobot diturunkan menjadi 0,6 terlihat pada plot data ke-17, data semakin menjauhi nilai tengah.

Gambar 3. Grafik EWMA λ 0,6

3.3.3 Grafik EWMA dengan λ 0,3

Dengan menggunakan bobot penghalus 0,3, diperoleh grafik seperti Gambar 4. Terdapat 6 kelompok data yang semakin menjauhi nilai tengah. Jika kita lebih teliti lagi perubahan bobot penghalus menjadi 0,3 membuat plot grafik semakin menjauhi batas tengah. Dengan menggunakan bobot penghalus 0,3 tidak membuat pergeseran *mean* yang halus. Hal ini justru membuat sebaran plot data semakin melebar. Oleh karena itu berarti pengurangan bobot penghalus menjadi 0,3 dianggap tidak memperoleh hasil yang diinginkan. Maka dapat dipastikan bobot yang paling tepat untuk data ini yaitu 0,6. Pada grafik EWMA λ 0,6 dapat terdeteksi pergeseran *mean* yang halus dengan titik yang jelas.

Gambar 4. Grafik EWMA λ 0,3

4. Kesimpulan

Grafik kendali \bar{x} menunjukkan keadaan data yang terkendali. Namun grafik menunjukkan sebaran plot yang acak atau *random*. Setelah dilakukan penambahan bobot penghalus λ 0,9, 0,6 dan 0,3 sebaran plot grafik mulai terkendali. Menurut hasil penelitian ini, bobot penghalus yang efektif untuk melihat pergeseran rata-rata yaitu bobot 0,6. Pada bobot 0,6 terlihat pergeseran *mean* yang cukup baik dan pola yang terkendali. Dikarenakan grafik kendali \bar{x} tidak dapat melihat pergeseran mean dengan signifikan, maka grafik EWMA dapat menutupi kekurangan dari grafik kendali \bar{x} .

Referensi

- [1] Fitris S.W. dan Suliadi, "Diagram Kendali X Exponentially Weighted Moving Average yang Meminimalkan Median Run Length pada Data Panjang Pewarna Plastik", In: *Bandung Conference Series: Statistics*, 2023, pp.19-25.

- [2] Rochmatulloh M.N. dan Sugiono M.C., "Implementasi Metode Six Sigma untuk Meminimalisasi Tingkat Reject di PT. XYZ", In: *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri UPS Tegal*, 2023, pp.121-130.
- [3] Diantika A.R., Saputra B.M., dan Ambarwati D., "Pengaruh Keragaman Produk, Ketersediaan dan Kualitas Pelayanan terhadap Kepuasan Konsumen di Hikmah Mart Jajar Wates Serdang", *Jurnal Manajemen dan Bisnis*, 2022, vol.1, no.2, pp.175-188, doi: <https://doi.org/10.36490/jmdb.v1i2.390>.
- [4] Sari D. dan Maryam A., "Persepsi Harga, Kualitas Produk dan Ketersediaan Kerupuk Amplang terhadap Loyalitas Konsumen di Kabupaten Sambas", *PATANI*, 2020, vol.1, no.1, pp.21-25, doi: <https://doi.org/10.47767/patani.v4i1.8>.
- [5] Nesari, Mustafid, dan Widiharih T., "Penerapan Diagram Kontrol Mewma dalam Pengendalian Kualitas Produksi Keripik Singkong pada UMKM di Kota Semarang", *Jurnal Gaussian*, 2022, vol.11, no.3, pp.355-365, doi: <https://doi.org/10.14710/j.gauss.11.3.355-365>.
- [6] Alauddin N. dan Yamada S., "Overview of Deming Criteria for Total Quality Management Conceptual Framework Design in Education Services", *Journal of Engineering and Science Research*, 2019, vol.3, no.5, pp.12-20, doi: <https://doi.org/10.26666/rmp.jesr.2019.5.3>.
- [7] Febrina W. dan Fitriana W., "Exponential Weight Moving Average (EWMA) Control Chart for Quality Control of Crude Palm Oil Product", *International Journal of Management and Business Applied*, 2022, vol.1, no.1, pp.19-27, doi: <https://doi.org/10.54099/ijmba.v1i1.93>.
- [8] Nurkholiq A., Saryono O., dan Setiawan I., "Analisis Pengendalian Kualitas (*Quality Control*) Dalam Meningkatkan Kualitas Produk", *Ekonomologi: Jurnal Ilmu Manajemen*, 2019, vol.6, no.2, pp.393-399, doi: <https://doi.org/10.2827/ekonologi.v6i2.2983>.
- [9] Wijayanti D.T., Helmi, dan Imro'ah N., "Perbandingan Kinerja Peta Kendali Cumulative Sum Dan Peta Kendali Exponentially Weighted Moving Average", *BIMASTER: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, 2020, vol.9, no.4, pp.549-558, doi: <https://doi.org/10.26418/bbimst.v9i4.43367>.
- [10] Ariyadi T., Ulfa M., dan Rhenata A., "Bahasa Pemrograman dengan MATLAB", Sumedang: CV Mega Press Nusantara, 2024.
- [11] Antono I., Santoso R., dan Wilandari Y., "Komputasi Metode Exponentially Weighted Moving Average untuk Pengendalian Kualitas Proses Produksi Menggunakan GUI MATLAB (Studi Kasus: PT Djarum Kudus SKT Brak Megawon III)", *Jurnal Gaussian*, 2016, vol.5, no.4, pp.673-682.
- [12] Widiawati A., Arina F., dan Ferdinand P.F., "Perbandingan Peta Kendali X-R Dan EWMA dengan Pendekatan P-Value untuk Mendeteksi Pergeseran Rata-Rata Proses di PT.XYZ", *JTI: Jurnal Teknik Industri*, 2015, vol.3, no.3, pp.1-8, doi: <https://doi.org/10.36055/jti.v3i3.377>.
- [13] Montgomery D.C., "Statistical Quality Control", New York: John Wiley & Sons, 2012.
- [14] Yuniarto H.A., "Panduan Praktikum Alat Bantu dan Statistik (ABS)", Yogyakarta: UGM Press, 2022.
- [15] Tjolleng A., "Pengantar Pemrograman MATLAB", Jakarta: Elex Media Komputindo, 2017.