

KOMPUTASI METODE *EXPONENTIALLY WEIGHTED MOVING AVERAGE* UNTUK PENGENDALIAN KUALITAS PROSES PRODUKSI MENGGUNAKAN GUI MATLAB

(STUDI KASUS : PT Djarum Kudus SKT Brak Megawon III)

Iyan Antono¹, Rukun Santoso², Yuciana Wilandari³

¹Mahasiswa Departemen Statistika FSM Universitas Diponegoro

^{2,3}Staff Pengajar Departemen Statistika FSM Universitas Diponegoro

ABSTRACT

Control chart is one of tools for quality control of production. \bar{x} control chart is one of tool that can be used to control the quality of production for variable data such as weight of product. However, there is a weakness of \bar{x} control chart, which is sensitivless in detecting small shift of the mean process. Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) control chart is one of the quality control tool that can improve the weakness of \bar{x} control chart. EWMA control chart has a weight smoothing parameter (λ) which makes EWMA control chart more sensitive in detecting small shifts the process mean. Each production data will be weighted and past production data will be affected by present production data. EWMA control chart will be used to make a control chart by weight of cigarette data in Brak Megawon III PT Djarum Kudus. In this study, will be established to assist in the GUI Matlab computational EWMA methods chart controller to control the quality of production at PT Djarum Kudus. In this study showed that the most optimum weight refiner which is at a value of 0.6.

Key word : EWMA, Smoothing weight (λ), GUI, Weight of cigarette

1. PENDAHULUAN

Permasalahan kualitas telah mengarah pada taktik dan strategi perusahaan secara menyeluruh dalam rangka untuk memiliki daya saing dan bertahan terhadap persaingan global dengan perusahaan lain. Menurut Montgomery (2009), dalam rangka menjaga kualitas pada proses produksi, sebaik dan sehati-hati apapun proses produksi yang dijalankan akan selalu terdapat variabilitas terhadap hasil produksi. Variabilitas bisa berupa kesalahan-kesalahan kecil maupun kesalahan yang fatal pada proses produksi. Menurut Montgomery (2009), suatu proses produksi yang terdapat variabilitas dengan sebab-sebab terduga dikatakan tidak terkendali. Menurut Montgomery (2009), Teknik Pengendalian Proses Statistik merupakan salah satu teknik yang sangat bermanfaat untuk menganalisa permasalahan kualitas dan meningkatkan kinerja proses produksi. Dalam teknik pengendalian proses statistik terdapat salah satu alat untuk mengukur proses yaitu dengan grafik pengendali. Menurut Montgomery (2009), ketika ditemui kasus dengan karakteristik kualitas berupa variabel, pengawasan yang dilakukan yaitu terhadap nilai parameter lokasi dari karakteristik kualitas. Grafik pengendali yang dapat digunakan yaitu grafik pengendali untuk rata-rata (\bar{X} control chart), untuk standart deviasi (s control chart), dan untuk rentang (r control chart). Terdapat kelemahan pada grafik pengendali untuk rata-rata, yaitu kurang sensitif dalam mendeteksi pergeseran nilai rata-rata proses yang

kecil. Menurut Montgomery (2009), grafik pengendali *Exponentially Weighted Moving Average (EWMA)* sangat efektif untuk mendeteksi pergerakan yang kecil pada nilai rata-rata proses. Grafik pengendali EWMA menggunakan bobot penghalus (λ) untuk mengatasi kelemahan pada grafik pengendali \bar{X} .

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perangkat Lunak Matlab dan *Graphical User Interface (GUI)*

Menurut MathWorks (2015), bahasa pemrograman sebagai media untuk berinteraksi antara manusia dengan komputer. Matlab muncul di dunia bahasa pemrograman yang cenderung sudah dikuasai oleh bahasa pemrograman yang telah mapan. Namun Matlab hadir dengan fungsi dan karakteristik yang tidak ditawarkan oleh bahasa pemrograman yang lain. *Graphical User Interfaces* atau lebih dikenal dengan singkatan GUI, pada dasarnya adalah media tampilan grafis sebagai pengganti perintah teks untuk *user* berinteraksi pada layar komputer. Menurut Away G.A. (2014) pada dasarnya untuk membuat aplikasi berbasis *window* dengan Matlab dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu menggunakan *script* Matlab (*Pure Script*) dan menggunakan GUI Designer (GUIDE).

2.2. Kualitas Produk

Menurut Arinda, A. dkk (2016), kualitas adalah pemenuhan kebutuhan, harapan dan kepuasan pelanggan. Produk berupa barang maupun jasa harus memenuhi syarat-syarat dari penggunaannya. Menurut Kotler, P. dan Armstrong, G. (2010), bahwa kualitas produk adalah kemampuan suatu produk untuk melaksanakan fungsinya, meliputi kehandalan, daya tahan, ketepatan, kemudahan operasi, dan perbaikan produk, serta atribut bernilai lainnya. Peningkatan kualitas kecocokan kerap kali dibuat dengan mengubah segi tertentu dari sistem jaminan kualitas, seperti penggunaan prosedur pengendalian proses statistik. Setiap produk mempunyai sejumlah unsur yang bersama-sama menggambarkan kecocokan penggunaannya. Parameter ini biasanya dinamakan ciri-ciri kualitas. Menurut Montgomery (2009), ciri-ciri kualitas terdiri dari beberapa jenis yaitu fisik (Panjang, berat, voltase, kekentalan, dan sebagainya), indera (Rasa, Penampilan, Warna, dan sebagainya) dan orientasi waktu (Keandalan, dapatnya dipelihara, dapatnya dirawat).

2.3. Uji Normalitas Lilliefors

Menurut Kusdian, R.D. dkk (2005), persamaan matematika distribusi peluang peubah normal kontinu bergantung pada dua parameter, yaitu rata-rata μ dan simpangan baku σ . Menurut Conover, W.J. (1999) uji normalitas Lilliefors merupakan modifikasi dari uji normalitas Kolmogorv-Smirnov. Hipotesis yang digunakan untuk uji normalitas Lilliefors yaitu $H_0 =$ Sampel random mengikuti Distribusi Normal vs $H_1 =$ Sampel random tidak mengikuti Distribusi Normal. Menurut Conover, W.J. (1999), statistik uji yang digunakan dalam uji normalitas Lilliefors yaitu L_1 yang didefinisikan sebagai berikut: $L_1 = \text{Sup}_x |F^*(x) - S(x)|$ dengan $F^*(x)$ merupakan fungsi distribusi normal standard dan $S(x)$ adalah nilai fungsi distribusi empirik dari Z_i . Nilai $F^*(x)$ dapat diperoleh dengan bantuan tabel Distribusi Normal. H_0 akan ditolak pada taraf signifikansi sebesar α jika nilai L_1 lebih besar dari kuantil $1-\alpha$ yang diberikan pada tabel *Lilliefors test for normality*.

2.4. Pengendalian Proses Statistika

2.4.1. Sebab Terduga dan Tidak Terduga Variabilitas Kualitas

Pada suatu proses produksi tidak memungkinkan untuk memeriksa kualitas setiap produk, melainkan produk tersebut harus dibuat dengan benar sejak awal. Proses produksi harus stabil dan mampu beroperasi sedemikian hingga semua produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi. Menurut Montgomery (2009) suatu proses yang bekerja dengan

adanya variasi sebab-sebab tak terduga dapat dikatakan masih terkendali secara statistik. Variabilitas lain kadang-kadang dapat muncul dalam hasil suatu proses. Variabilitas tersebut muncul disebabkan dari 3 sumber, yaitu: mesin yang dipasang dengan tidak wajar, kesalahan operator dan bahan baku yang cacat. Sumber-sumber variabilitas yang terjadi karena tiga faktor tersebut dinamakan sebab-sebab terduga. Suatu proses yang bekerja dengan sebab-sebab terduga memungkinkan untuk tidak terkendali. Tujuan pokok pengendalian kualitas statistik adalah untuk mencari tahu dengan cepat terjadinya sebab-sebab terduga atau pergeseran proses sedemikian hingga penyelidikan terhadap proses itu dan tindakan perbaikan dapat dilakukan sebelum terlalu banyak unit yang tidak sesuai produksi.

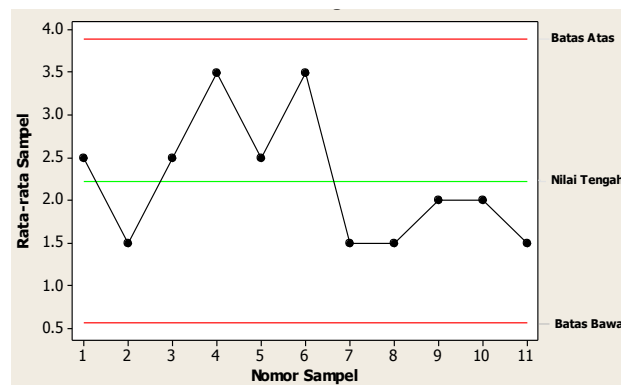
2.4.2. Dasar Statistik Grafik Pengendali

Bentuk dasar grafik pengendali ditunjukkan dalam Gambar 1. Gambar 1 merupakan peragaan grafik pengendali suatu karakteristik kualitas yang telah diukur atau dihitung dari sampel terhadap nomor sampel atau waktu. Grafik tersebut memuat garis tengah yang merupakan nilai rata-rata karakteristik kualitas. Dua garis mendatar yang berada di atas dan di bawah garis tengah merupakan batas kendali. Menurut Grant E.L dan Leavenworth R.S (1998), selama plot sampel terletak didalam batas-batas pengendali, proses dianggap dalam keadaan terkendali, dan tidak perlu ditindak apapun. Menurut Hargo, H.D. (2013), apabila terdapat plot yang berada di luar batas kendali maka akan dilakukan revisi terhadap garis pusat dan batas kendali dan terdeteksi kondisi penyebabnya. Dapat diberikan sebuah model umum untuk batas grafik pengendali. Diberikan sebuah notasi berupa \bar{w} berupa statistik sampel yang mengukur suatu karakteristik kualitas, dan misalkan bahwa mean \bar{w} adalah μ_w dan standar deviasi \bar{w} adalah σ_w . Maka garis tengah, batas pengendali menjadi seperti berikut:

$$BPA = \mu_w + k \sigma_w$$

$$\text{Garis tengah} = \mu_w$$

$$BPB = \mu_w - k \sigma_w$$



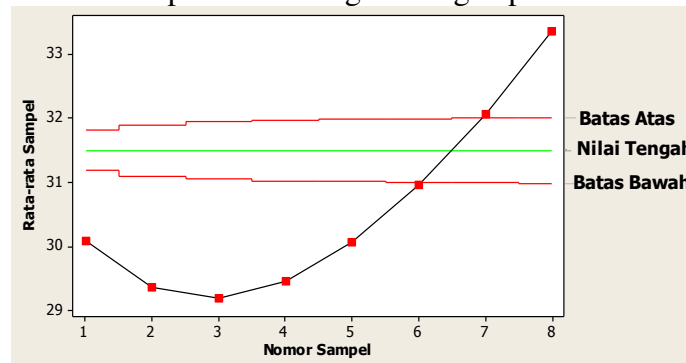
Gambar 1. Grafik Pengendali Kualitas Shewhart

2.4.3. Analisa Pola pada Grafik Pengendali

Suatu grafik pengendali dapat menunjukkan keadaan tak terkendali jika satu atau beberapa titik jatuh di luar batas pengendali. Apabila titik dalam grafik menunjukkan pola tingkah laku yang tak random seperti pada Gambar 2, dan meskipun semua titik jatuh di dalam batas pengendali dapat dikatakan proses tidak terkendali. Apabila plot benar-benar random distribusi di bawah dan di atas garis tengah kira-kira sama. Menurut Montgomery (2009), terdapat sekumpulan aturan untuk pengambilan keputusan suatu grafik pengendali menunjukkan keadaan terkendali atau tidak. Aturan-aturan tersebut yaitu sebagai berikut:

1. Dua dari tiga titik yang berurutan jatuh di luar batas peringatan 2σ .
2. Empat dari lima titik yang berurutan jatuh pada jarak 1σ atau lebih jauh dari garis tengah.

3. Delapan titik yang berurutan jatuh pada satu sisi (sisi atas atau sisi bawah) dari garis tengah.
 4. Terdapat satu titik atau lebih berada didekat salah satu batas pengendali.
- Aturan-aturan tersebut berlaku pada satu sisi garis tengah pada.



Gambar 2. Pola Grafik Tak Random

2.4.4. Karakteristik Kualitas Produk Rokok SKT PT Djarum

Produk rokok PT Djarum Kudus dapat dikategorikan menjadi 2 jenis, yaitu Sigaret Kretek Tangan (SKT) dan Sigaret Kretek Mesin (SKM). Perbedaan diantara kedua jenis produk tersebut yaitu pada produk SKT diproduksi secara manual dengan bantuan alat sederhana. Sedangkan produksi SKM menggunakan mesin otomatis. Karakteristik kualitas dari produk SKT berupa karakteristik kualitas variabel dan atribut. Karakteristik kualitas atribut berupa 25 jenis *defect* yang dapat dilihat pada lampiran 1. Sedangkan untuk karakteristik kualitas variabel berupa berat per 100 batang rokok SKT dengan batas spesifikasi sebesar 200-210 gram. Produk rokok SKT yang diproduksi secara manual memiliki potensi produk tidak sesuai dengan karakteristik kualitas yang diinginkan.

2.5. Grafik Pengendali Variabel

Sebelum melakukan analisa menggunakan grafik pengendali \bar{x} , varian dari data harus sudah terkendali. Grafik pengendali \bar{x} dapat digunakan untuk pengendalian terhadap varian kualitas produk. Grafik pengendali untuk rata-rata (\bar{x}) merupakan grafik pengendali yang dapat digunakan untuk pengendalian karakteristik kualitas berupa nilai rata-rata dari karakteristik kualitas variabel produk. Misalkan karakteristik kualitas berdistribusi normal dengan mean μ dan standar deviasi σ dengan μ dan σ keduanya diketahui. Jika terdapat sampel random $x = x_1, x_2, \dots, x_n$ sampel berukuran n , maka rata-rata sampel ini adalah

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

dan telah diketahui sebelumnya bahwa \bar{x} berdistribusi normal dengan mean μ dan deviasi standar $\sigma_{\bar{x}} = \sigma/\sqrt{n}$. Kemudian probabilitasnya adalah $1 - \alpha$ untuk setiap mean sampel akan terletak diantara:

$$\mu + Z_{\alpha/2} = \mu + Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad \text{dan} \quad \mu - Z_{\alpha/2} = \mu - Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Untuk sampel berdistribusi normal, data berada pada interval $-Z_{\alpha/2}$ sampai $Z_{\alpha/2}$. Menjadi sebuah kebiasaan untuk mengganti besarnya $Z_{\alpha/2}$ dengan angka 3 yang berkesesuaian dengan nilai taraf signifikansi α sebesar 0,0027. Sehingga batas pengendali menjadi sebagai berikut.

$$\text{BPA} = \mu + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad \text{dan} \quad \text{BPB} = \mu - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Jika suatu mean sampel jatuh diluar batas pengendali tersebut, maka hal tersebut merupakan petunjuk bahwa mean proses tidak lagi sama dengan μ atau dapat dikatakan proses tidak dalam keadaan terkendali statistik. Menurut Montgomery (2009), taksiran dari nilai μ dan σ harus didasarkan dari paling sedikit 20 sampai 25 sampel.

2.6. Exponentially Weighted Moving Average (EWMA)

Menurut Abbasi, S.A. (2010) terdapat kelemahan dari grafik pengendali \bar{x} yaitu relatif kurang sensitif terhadap pergeseran kecil dalam mean proses. Menurut Kalgonda, A.A. dkk (2010) salah satu alternatif grafik pengendali yang lebih sensitif terhadap pergeseran kecil dalam mean proses yaitu grafik pengendali *Exponentially Weighted Moving Average* atau dapat disingkat EWMA. Menurut Montgomery (2009) bagan kendali EWMA diperkenalkan pertama kali oleh S.W. Roberts pada tahun 1959 dan digunakan untuk mengawasi proses dan mendeteksi adanya faktor tersusut yang terlihat dari adanya pergeseran terus menerus terutama pergeseran dalam nilai mean dalam suatu proses. Grafik pengendali EWMA memberikan bobot penghalus pada setiap data sampel. Pemberian bobot memberikan koreksi pada batas kendali dan mengubah pola plot sehingga dapat dideteksi lebih lanjut apakah proses sudah benar-benar terkendali secara statistik atau tidak. Pemilihan bobot yang paling efisien dilakukan dengan mencoba menurunkan nilai bobot sampai ditemukan pola grafik yang paling signifikan memberikan informasi tingkah laku pola grafik yang tidak random.

2.6.1. Definisi EWMA

Menurut Lucas, J.M. Saccucci, M.S. (1990) EWMA dapat didefinisikan sebagai persamaan berikut:

$$Y_j = \lambda \bar{x}_j + (1 - \lambda)Y_{j-1}$$

Dengan:

- j merupakan indeks waktu atau subgroup ($j = 1, 2, 3, \dots$)
- $\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^m x_{ij}}{m}$ merupakan rata-rata sampel hasil produksi pada waktu ke- j dengan m jumlah sampel dalam satu waktu.
- Y_0 merupakan nilai rata-rata awal yang berasal dari penetapan oleh produsen atau bisa dihitung estimasinya dengan menggunakan rumus $Y_0 = \bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^j \bar{x}_i}{j}$
- λ merupakan faktor pembobot dengan nilai $0 < \lambda < 1$

2.6.2. Rata-Rata EWMA

Menurut Montgomery (2009), nilai pemusatan dari EWMA merupakan nilai mean dari Y_j . Berikut merupakan penjabaran nilai mean dari Y_j .

$$E(Y_j) = E[\lambda \bar{x} + (1 - \lambda)Y_{j-1}] = \lambda E[\bar{x}_j] + \lambda(1 - \lambda)E[\bar{x}_{j-1}] + \lambda(1 - \lambda)^2 E[\bar{x}_{j-2}] + \dots + \lambda(1 - \lambda)^{j-2} E[\bar{x}_2] + \lambda(1 - \lambda)^{j-1} E[\bar{x}_1] + (1 - \lambda)^j Y_0 \quad (1)$$

Untuk setiap subgroup, nilai rata-rata dari subgroup yang diharapkan yaitu nilai Y_0 atau secara matematis untuk setiap subgroup i dengan $i = 1, 2, 3, \dots, (j - 3), (j - 2), (j - 1), j$ dan untuk $j = 1, 2, 3, \dots$. Maka $E[\bar{x}_i] = Y_0$. Karena $E[\bar{x}_1], E[\bar{x}_2], E[\bar{x}_3], \dots, E[\bar{x}_{j-2}], E[\bar{x}_{j-1}], E[\bar{x}_j] = Y_0$. Dan karena $E[Y_0] = Y_0$ maka persamaan (1) menjadi:

$$E[Y_j] = \lambda Y_0 + \lambda(1 - \lambda) Y_0 + \lambda(1 - \lambda)^2 + \dots + \lambda(1 - \lambda)^{j-2} Y_0 + \lambda(1 - \lambda)^{j-1} Y_0 + (1 - \lambda) Y_0 \\ = \lambda Y_0 \sum_{k=0}^{j-1} (1 - \lambda)^k + (1 - \lambda)^j Y_0$$

$\sum_{k=0}^{j-1} (1 - \lambda)^k$ merupakan deret geometri dengan nilai awal $a = 1$. Perbandingan nilai kedua dengan nilai awal yaitu $r = (1 - \lambda)$ dan banyaknya yaitu $n = j$. Sehingga diperoleh:

$$\sum_{k=0}^{j-1} (1 - \lambda)^k = \frac{a(1 - r^n)}{1 - r} = \frac{1(1 - (1 - \lambda)^j)}{1 - (1 - \lambda)} = \frac{(1 - (1 - \lambda)^j)}{\lambda}$$

Jadi,

$$E[Y_j] = \lambda Y_0 \sum_{k=0}^{j-1} (1 - \lambda)^k + (1 - \lambda)^j Y_0 \\ = \lambda Y_0 \frac{(1 - (1 - \lambda)^j)}{\lambda} + (1 - \lambda)^j Y_0$$

$$\begin{aligned}
&= Y_0(1 - (1 - \lambda)^j + (1 - \lambda)^j Y_0) \\
&= Y_0
\end{aligned}$$

Jadi nilai mean dari EWMA adalah Y_0 yang nilainya adalah \bar{x} .

2.6.3. Varian EWMA

Menurut Montgomery (2009), jika setiap \bar{x} dengan $j = 1, 2, 3, \dots$ independen dan mempunyai standar deviasi $\sigma_{\bar{x}}$ maka variansi dari Y_j adalah:

$$\begin{aligned}
\sigma_{Y_j}^2 &= \text{var}(Y_j) \\
&= \text{var}\left(\lambda \sum_{k=0}^{j-1} (1 - \lambda)^k \bar{x}_{j-k}\right) + \text{var}(1 - \lambda)^j Y_0 + \\
&\quad 2\text{cov}\left(\lambda \sum_{k=0}^{j-1} (1 - \lambda)^k \bar{x}_{j-k}, (1 - \lambda)^j Y_0\right) \tag{2}
\end{aligned}$$

Karena $\text{var}(c) = c$ untuk c suatu konstanta maka $\text{var}(1 - \lambda)^j Y_0 = 0$ dan karena setiap \bar{x}_j independen maka:

$$\text{cov}\left(\lambda \sum_{k=0}^{j-1} (1 - \lambda)^k \bar{x}_{j-k}, (1 - \lambda)^j Y_0\right) = 0$$

maka persamaan (2) menjadi:

$$\begin{aligned}
\sigma_{Y_j}^2 &= \text{var}\left(\lambda \sum_{k=0}^{j-1} (1 - \lambda)^k \bar{x}_{j-k}\right) \\
&= \lambda^2 \text{var}\left(\sum_{k=0}^{j-1} (1 - \lambda)^k \bar{x}_{j-k}\right) \\
&= \lambda^2 \sum_{k=0}^{j-1} (1 - \lambda)^{2k} \sigma_{\bar{x}_j}^2
\end{aligned}$$

$\sum_{k=0}^{j-1} (1 - \lambda)^{2k}$ merupakan deret geometri dengan nilai awal adalah $a = 1$. Perbandingan nilai kedua dengan nilai awal yaitu $r = (1 - \lambda)^2$, dan banyaknya nilai yaitu $n = j$. Sehingga diperoleh:

$$\sum_{k=0}^{j-1} (1 - \lambda)^{2k} = \frac{a(1-r^n)}{1-r} = \frac{1-(1-\lambda)^{2j}}{2\lambda+\lambda^2}$$

Jadi,

$$\sigma_{Y_j}^2 = \lambda^2 \sum_{k=0}^{j-1} (1 - \lambda)^{2k} \sigma_{\bar{x}_j}^2 = \lambda \sigma_{\bar{x}_j}^2 \frac{1-(1-\lambda)^{2j}}{2-\lambda}$$

Nilai dari $(1 - \lambda)^{2j}$ bentuknya bilangan pecahan. Jika nilai j menuju ke tak hingga, maka

nilai $(1 - \lambda)^{2j}$ mendekati angka 0, sehingga:

$$\sigma_{Y_j}^2 = \lim_{j \rightarrow \infty} \left(\frac{[1-(1-\lambda)^{2j}] \sigma_{\bar{x}_j}^2 \lambda}{(2-\lambda)} \right) = \left[\frac{[1-0] \sigma_{\bar{x}_j}^2 \lambda}{(2-\lambda)} \right]$$

Sehingga varian dan standar deviasi diperoleh sebagai berikut:

$$\sigma_{Y_j}^2 = \left[\frac{\sigma_{\bar{x}_j}^2 \lambda}{(2-\lambda)} \right] \quad \text{dan} \quad \sigma_{Y_j} = \sqrt{\left[\frac{\sigma_{\bar{x}_j}^2 \lambda}{(2-\lambda)} \right]}$$

2.6.4. Batas Kendali EWMA

Grafik pengendali EWMA mempunyai batas kendali dan nilai tengah. Nilai tengah merupakan nilai mean data. Menurut Patel, A.K. dan Divecha, J (2011) batas kendali untuk grafik kendali EWMA yaitu:

$$\text{Batas kendali} = Y_0 \pm 3 \left[\sigma_{Y_j} \right]$$

Jika j menuju ke tak hingga, maka nilai $(1 - \lambda)^{2j}$ akan menuju angka 0. Sehingga batas kendali bawah grafik pengendali EWMA menjadi:

$$\text{BPB} = Y_0 - 3\sigma_{\bar{x}_j} \sqrt{\left[\frac{\lambda}{(2-\lambda)} \right]} \quad \text{dan} \quad \text{BPA} = Y_0 + 3\sigma_{\bar{x}_j} \sqrt{\left[\frac{\lambda}{(2-\lambda)} \right]}$$

3. METODE PENELITIAN

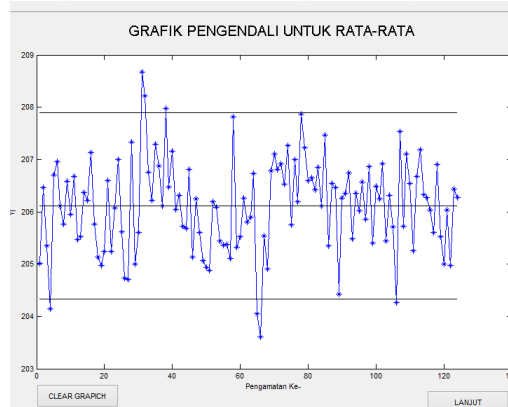
Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data didapat di PT Djarum Kudus SKT brak Megawon III. Data yang digunakan merupakan data berat rokok per 100 batang yang dinyatakan dalam gram. Data yang digunakan merupakan data pada periode produksi bulan Januari 2016 sampai bulan Juni 2016 (124 hari kerja). Langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis data penelitian adalah:

1. Memasukkan data rata-rata berat rokok.
2. Menganalisis menggunakan grafik pengendali \bar{x} .
3. Menganalisis menggunakan grafik pengendali EWMA.
4. Menentukan bobot penghalus yang paling efektif.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Uji Normalitas

Berdasar uji normalitas *Lilliefors* H_0 diterima karena nilai $L_{hitung} = 0.0590 < L_{(5\%;124)} = 0.0796$. Nilai $L_{hitung} = |F^*(x) - S(x)| = 0.0590$. Keputusan: H_0 diterima karena nilai $L_{hitung} = 0.0590 < L_{(5\%;124)} = 0.0796$. Kesimpulan yang didapat pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ H_0 diterima, maka dapat disimpulkan bahwa sampel mengikuti distribusi normal.



Gambar 3. Grafik Pengendali \bar{x} dengan 124 Observasi dengan jarak 2σ

4.2. Grafik Pengendali \bar{x} dengan 124 Observasi

Grafik pengendali \bar{x} tidak menunjukkan plot yang keluar dari batas kendali. Dapat diambil kesimpulan bahwa varian proses sudah terkendali. Grafik pengendali \bar{x} digunakan untuk melihat apakah proses produksi terkendali atau tidak. Dari hasil yang ditunjukkan oleh GUI, didapat nilai tengah sebesar 206.1114. Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa tidak ada plot yang keluar dari batas kendali atas maupun batas kendali bawah. Namun terdapat 2 plot yang hampir mendekati batas kendali, yaitu plot ke-31 yang mendekati batas kendali atas dan plot ke-66 yang mendekati batas kendali bawah. Menurut pembahasan pada Bab 2 tentang aturan analisis pola grafik pengendali, menyebutkan jika terdapat 2 dari 3 titik yang berurutan berada pada salah satu sisi dan terdapat 2 titik ke luar dari batas kendali jarak 2σ , maka dapat diindikasikan bahwa proses tidak terkendali. Berdasarkan aturan tersebut, maka titik ke-31 dan ke-66 dibuang.

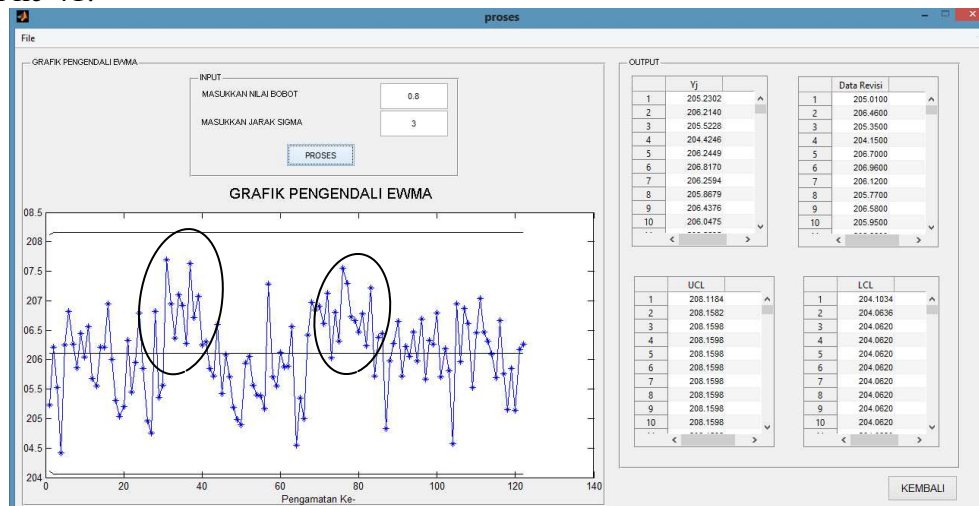
4.3. Grafik Pengendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA)

Grafik pengendali \bar{x} menunjukkan proses terkendali pada 122 observasi. Berdasarkan penjelasan pada Bab 2, terdapat kelemahan pada grafik pengendali \bar{x} yaitu kurang sensitif dalam mendeteksi pergeseran mean yang kecil. Grafik pengendali EWMA dengan parameter bobot penghalus (λ) menjadi alternatif untuk masalah tersebut, sehingga menunjukkan analisis yang lebih mendalam untuk mengetahui apakah hasil yang ditunjukkan oleh grafik pengendali \bar{x} sudah benar atau menunjukkan hasil yang lain. Pada

penelitian ini akan dicobakan nilai bobot sebesar 0.9; 0.8; 0.7; 0.6; 0.5; 0.4; 0.3; 0.2; 0.1 dan 0.05. Namun pada penjelasan berikut hanya akan dibahas grafik pengendali EWMA untuk bobot 0.8, 0.6, 0.4.

4.3.1. Grafik Pengendali EWMA dengan Bobot 0.8

Dengan menggunakan GUI Matlab, dibentuk grafik pengendali EWMA dengan bobot 0.8. Hasilnya seperti pada Gambar 4. Dapat diperhatikan pada lingkaran pada grafik, bahwa muncul 2 kelompok pergeseran mean. Kelompok pertama dengan 11 titik di atas nilai tengah secara beruntun yaitu pada plot ke-31 sampai plot ke-41. Kelompok kedua terdapat 10 titik secara beruntun di atas garis tengah yaitu pada plot ke-74 sampai plot ke-83. Pada grafik pengendali \bar{x} , hanya muncul 6 titik di atas garis tengah yaitu pada plot ke-76 sampai plot ke -81. Kemudian setelah menggunakan grafik pengendali EWMA dengan bobot 0.8 grafik menunjukkan 8 titik secara beruntun di atas nilai tengah yaitu titik ke-74 sampai plot ke-81. Hal tersebut menunjukkan bahwa penurunan bobot dari 1 menjadi 0.8 menyebabkan grafik pengendali lebih sensitif dalam mendeteksi pergeseran mean. Selain itu, dampak dari penurunan bobot juga dapat mendeteksi pergeseran mean lainnya yaitu dengan muncul 11 titik baru yang secara beruntun di atas nilai tengah yaitu plot ke-31 sampai ke-41.

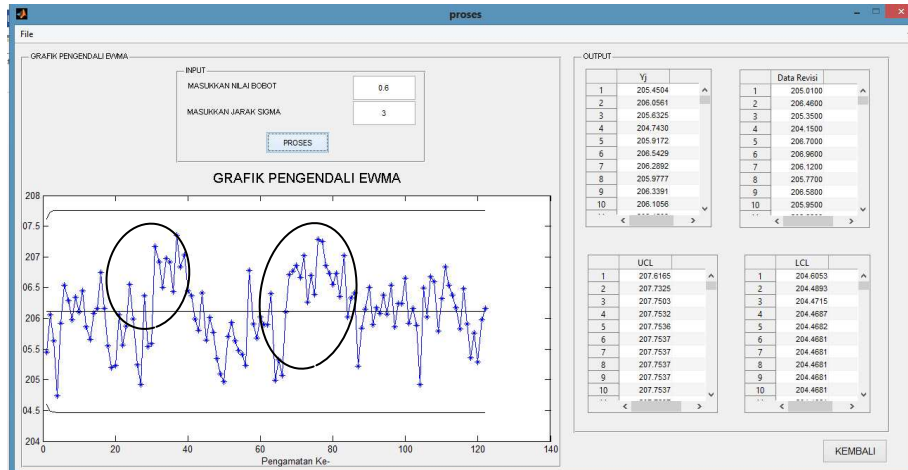


Gambar 4. Grafik Pengendali EWMA dengan bobot $\lambda = 0.8$

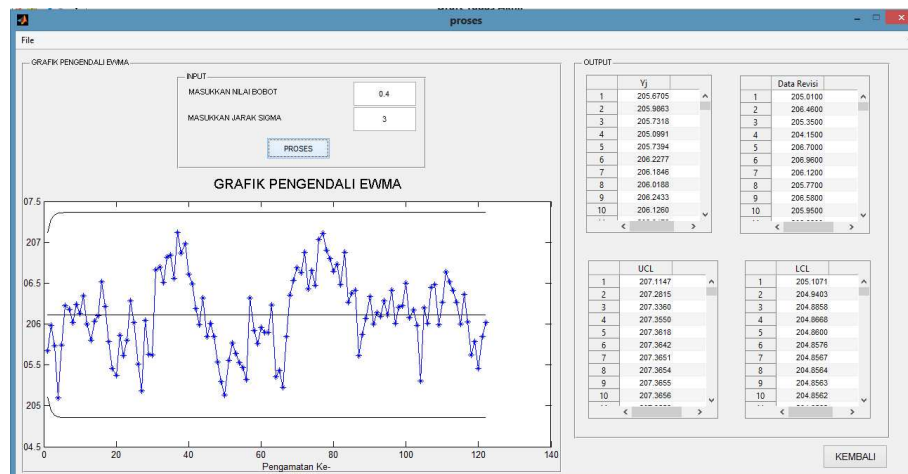
4.3.2. Grafik Pengendali EWMA dengan Bobot 0.6

Pada grafik pengendali EWMA dengan bobot 0.8 yang ditunjukkan oleh Gambar 5 menunjukkan hasil yang lebih sensitif dalam mendeteksi pergeseran mean proses. Selanjutnya dicoba menurunkan bobot ke nilai 0.6 untuk mengetahui apakah grafik pengendali akan lebih sensitif dalam mendeteksi pergeseran mean proses. Dari grafik yang terbentuk masih menunjukkan 2 kelompok dengan pergeseran mean. Dengan penurunan bobot menjadi 0.6 menyebabkan koreksi pergeseran mean yang cukup banyak. Kelompok pertama terdeteksi 10 titik berada di atas nilai tengah secara beruntun yaitu plot ke-31 sampai ke-41. Selain itu, terdapat pula plot yang mulai menyebrang dari nilai tengah yaitu plot ke-46 dan plot ke-52. Pada saat bobot sebesar 0.8 plot ke-46 bernilai 206.0845 dan plot ke-52 sebesar 206.0600, kedua plot tersebut nilainya masih menempel pada nilai tengah (206.1109). Namun ketika bobot diturunkan menjadi 0.6 nilai dari kedua plot tersebut menjauh dari nilai tengah menuju ke batas bawah. Nilai dari plot ke-46 sebesar 206.0067 dan plot ke-52 sebesar 205.9367, semakin menjauh dari nilai tengah menuju ke batas kendali bawah. Kemudian terdeteksi pergeseran mean yang semakin melebar dari plot ke-68 sampai plot ke-83 (sebelumnya dari plot ke-74 sampai plot ke-83 pada bobot

0.8). Plot ke-73 yang pada bobot 0.8 berada di bawah nilai tengah, pada bobot 0.6 semakin naik menuju ke atas nilai tengah. Namun pada plot ke-82 nilainya semakin menjauhi nilai tengah, ditandai dengan naiknya selisih dari 0.1 ke 0.25. Penggunaan bobot pada nilai 0.6 dianggap lebih efektif dalam mendeteksi pergeseran mean dibandingkan dengan nilai bobot 0.8.



Gambar 5. Grafik Pengendali EWMA dengan bobot $\lambda = 0.6$



Gambar 6. Grafik Pengendali EWMA dengan bobot $\lambda = 0.4$

4.4.3. Grafik Pengendali EWMA dengan Bobot 0,4

Dengan menggunakan GUI Matlab dibentuk grafik pengendali EWMA untuk bobot sebesar 0.4 seperti pada Gambar 6. Terdapat 3 kelompok titik yang secara beruntun menjauhi nilai tengah. Namun jika diperhatikan lebih dalam, perubahan yang terjadi ketika bobot diturunkan menjadi 0.4 hanyalah titik-titik yang menjauhi nilai tengah. Perubahan yang terjadi ketika bobot diturunkan menjadi 0.4 hanyalah nilai kedua plot tersebut yang semakin menjauhi nilai tengah. Tidak ada koreksi dari plot lain yang menunjukkan adanya pergeseran mean. Dengan menurunkan bobot ke nilai 0.4 tidak menunjukkan pergeseran yang halus pada titik-titik untuk mendeteksi pergeseran mean yang semakin melebar atau bahkan mendeteksi kelompok lain. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa bobot yang paling efektif dalam mendeteksi pergeseran mean proses yaitu pada nilai sebesar 0.6. Pada bobot sebesar 0.6, grafik mampu memperjelas titik-titik di dalam plot dalam mendeteksi pergeseran mean.

5. KESIMPULAN

Grafik pengendali \bar{x} menunjukkan keadaan varian terkendali. Grafik pengendali \bar{x} menunjukkan bahwa plot sampel memiliki pola titik yang tak random berarti proses tidak terkendali. Setelah dilakukan tindak lanjut berupa membuang titik yang keluar dari batas pengendali, plot sampel menunjukkan keadaan yang terkendali. Bobot yang digunakan yaitu 0.8, 0.6 dan 0.4 diperoleh hasil bobot yang paling efektif untuk mendeteksi pergeseran mean pada penelitian ini yaitu pada nilai 0.6. Pada bobot 0.6 terlihat plot mengalami perubahan dan menunjukkan adanya pergeseran dan membentuk pola titik yang tidak terkendali. Artinya penggunaan grafik pengendali \bar{x} kurang cukup untuk mendeteksi keadaan terkendali dari suatu proses dan grafik pengendali EWMA mampu mengatasi kekurangan dari grafik pengendali \bar{x} .

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abbasi, S.A. 2010. On Sensitivity of EWMA Control Chart for Monitoring Process Dispersion. *Proceedings of the World Congress on Engineering*. Vol III.
- [2] Arinda, A. Mustafid dan Mukid, M.A. 2016. Penerapan Diagram Kontrol Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA) pada Pengendalian Karakteristik Kualitas Air. *Jurnal Gaussian*. Vol 5, No 1.
- [3] Away, G.A. 2014. *The Shortcut of MATLAB Programming*. Bandung: Informatika Bandung
- [4] Conover, W.J. 1999. *Practical Nonparametric Statistic*. 2th edition. Texas Tech University.
- [5] Grant, E.L. and Leavenworth, R.S. 1988. *Statistical Quality Control*. Edisi ke-5. McGraw-Hill, Inc.
- [6] Hargo, H.D. 2013. Implementasi Metode Pengendalian Kualitas pada Proses Produksi Tali Rafia Hitam dengan Menggunakan Metode Statistik di UD Kartika Plastik Jombang. *Jurnal Ilmiah Universitas Surabaya*, Vol 2. No 1.
- [7] Kalgonda, A.A. Kosthi, V.V. and Ashokan, K.V. 2010. Exponentially Weighted Moving Average Control Chart. *Asian Journal of Management Research*. ISSN 2229-3795.
- [8] Kotler, P. and Amstrong, G. 2010. *Principles of Marketing*, 14th edition. Prentice Hall. New Jersey.
- [9] Kusdian, R.D. Tamin, O.Z. Ridwan, A.S. dan Syafruddin, A. 2005. Penggunaan Distribusi Normal dalam Memodelkan Sebaran Persepsi Biaya Perjalanan dan Transformasi Box-Muller pada Pengambilan Sampel Acak Model Pemilihan Rute dan Pembebanan Stokastik. *Jurnal Transportasi*, Vol 5. Hal 125-136.
- [10] Lucas, J. M. and Saccucci, M.S. 1990. Exponentially Weighted Moving Average Control Schemes: Properties and Encancements. *Technometrics*. Vol 32, No 1.
- [11] MathWorks. 2015. *Creating Graphical User Interfaces*. The MathWorks, Inc.
- [12] Montgomery, D.C. 2009. *Introduction to Statistical Quality Control*. 6th edition. New York: Jhon Wiley and Sons.
- [13] Patel, A.K. and Divecha, J. 2011. Modified Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) Control Chart for an Analytical Process Data. *Journal of Chemical Engineering and Materials Science*. Vol. 2(1), pp. 12-20.