

## Bagan Kontrol *Exponentially Weighted Moving Average* pada Proses *Autoregressive Orde Satu*

<sup>1</sup>Wendi Kuswendi, <sup>2</sup>Suwanda, <sup>3</sup>Aceng Komarudin Mutaqin

*Program Studi Statistika Universitas Islam Bandung*

e-mail : <sup>1</sup>wendi.kuskus16@yahoo.com

**Abstrak:** Bagan kontrol diperlukan agar kualitas suatu produk terjaga dan kegiatan perbaikan kualitas dapat dilakukan. Bagan kontrol yang peka terhadap pergeseran kecil dari suatu proses salah satunya adalah bagan kontrol *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA). Bagan kontrol ini dibentuk dengan asumsi bahwa karakteristik kualitas berdistribusi normal dan pengamatan diantara periode saling bebas. Apabila asumsi dilanggar kinerja bagan kontrol akan terganggu. Dalam penelitian ini akan dibahas bagan kontrol *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) dimana pengamatan membentuk proses yang ber-otokorelasi, dengan model *Autoregressive* orde satu atau AR(1). Implementasi pada pengontrolan suhu *freezer* di PMI Kota Bandung pada bulan Mei 2014 menunjukkan bahwa model AR(1) signifikan. Batas-batas kontrol EWMA untuk proses AR(1) lebih sempit jika dibandingkan dengan batas kontrol EWMA standar, namun kedua bagan kontrol menunjukkan hasil yang sama yaitu suhu *freezer* tidak terkontrol.

**Kata Kunci :** Bagan kontrol *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA), *Autoregressive Orde Satu* atau AR (1), *Average Run Length* (ARL).

### A. Pendahuluan

Sebuah perusahaan akan dituntut untuk memberikan kualitas produk barang dan jasa yang baik supaya dapat bersaing dan mempertahankan loyalitas konsumen terhadap perusahaan. Salah satu cara agar dapat mempertahankan loyalitas konsumen adalah dengan memberikan perhatian penuh terhadap kualitas produk yang dihasilkan oleh perusahaan sehingga bisa menjamin kualitas produk itu sendiri. Permasalahan kualitas telah mengarah pada taktik dan strategi perusahaan secara menyeluruh dalam rangka untuk memiliki daya saing dan bertahan terhadap persaingan global dengan produk perusahaan lain (La Hatani, 2007 dalam Fakhri 2010). Kualitas suatu produk bukan sesuatu yang serba kebetulan terjadi, namun adanya perlakuan yang dilakukan oleh pihak produsen terhadap produk dengan ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan oleh produsen pada prosesnya. Kualitas dapat diartikan dari dua pandangan sudut yaitu produsen dan konsumen. Kualitas menurut pandangan produsen adalah produk yang dihasilkan oleh perusahaan harus sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan. Sedangkan kualitas menurut pandangan konsumen adalah jika produk yang dibeli tersebut sesuai dengan manfaat yang dibutuhkan dan juga pengorbanan yang dikeluarkan oleh perusahaan Muchlis (2010).

Salah satu cara untuk menghasilkan kualitas yang diharapkan adalah dengan menerapkan sistem pengendalian kualitas yang tepat, mempunyai tujuan dan tahapan yang jelas, serta memberikan inovasi dalam melakukan pencegahan dan penyelesaian masalah-masalah yang dihadapi perusahaan untuk dapat memberikan kualitas yang baik perusahaan memerlukan adanya pengendalian kualitas terhadap produk yang dihasilkan. Lebih lanjut Muchlis (2010) menyatakan bahwa pengendalian kualitas merupakan usaha untuk menjaga kualitas produk hasil produksi supaya berada dalam batas-batas tertentu

dimana mesin, manusia, material dan metode yang digunakan dalam pembuatan produk tidak mengalami perubahan yang cukup berarti.

Banyak sekali metode statistik yang membahas mengenai pengendalian kualitas dengan cara, maksud dan tujuannya. Dengan tujuan pengembangan, pemeliharaan, dan perbaikan kualitas proses pengendalian kualitas dilakukan sejak tahap perencanaan produk dan perencanaan proses, sehingga terjadinya kualitas yang tidak memenuhi syarat dapat dicegah sebelumnya, dan tidak mengandalkan pada perbaikan (*rework*) pada produk yang telah dihasilkan.

Bagan kontrol merupakan salah satu alat statistika untuk pengendalian kualitas. Bagan kontrol pertama diperkenalkan oleh Walter A. Shewhart pada tahun 1920-an. Bagan kontrol *Shewhart* ini kurang sensitif dalam mendeteksi pergeseran kecil. Pada tahun 1959 S.W Roberts memperkenalkan bagan kontrol *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) yang digunakan untuk mendeteksi adanya pergeseran kecil dalam suatu proses produksi (Montgomery, 2001). Pada bagan kontrol EWMA, data yang terbaru berhubungan dengan data yang telah ada sebelumnya dimana pada bagan kontrol EWMA setiap data diberi bobot  $\lambda$ . Dalam hal ini bagan kontrol EWMA diharapkan akan lebih baik daripada bagan kontrol *Shewhart* dalam hal memprediksi pergeseran kecil.

Bagan kontrol biasanya dibangun berdasarkan asumsi bahwa pengamatan dari proses tersebut saling bebas, selanjutnya disebut bagan kontrol “standar” (Timmer dkk, 1998). Namun, dalam praktek dimungkinkan terjadi proses yang ber-otokorelasi. Keadaan ini akan berdampak pada performa bagan kontrol tersebut. Kajian dampak otokorelasi pada bagan kontrol *Shewhart* telah di bahas oleh Handayani (2012). Dalam penelitiannya tersebut Handayani menyimpulkan bahwa keberadaan otokorelasi dapat mempengaruhi lebar batas kontrol dari bagan kontrol dimana batas kontrol standar menjadi lebih melebar. Oleh karena itu perlu adanya modifikasi pada bagan kontrol *Shewhart* untuk proses yang berotokorelasi. Dalam skripsi ini akan dibahas tentang bagan kontrol EWMA yang akan dimodifikasi untuk kasus *Autoregressive* orde satu atau AR (1). Tujuan dari makalah ini adalah untuk mengetahui batas-batas bagan kontrol EWMA pada proses AR(1), mengetahui perbedaan bagan kontrol EWMA standar dengan bagan kontrol EWMA pada proses AR(1), mengetahui cara pengaplikasian bagan kontrol EWMA pada proses AR(1).

## B. Tinjauan Pustaka

### 1. Model *Autoregressive* Orde Satu Atau AR(1)

Suatu proses *autoregressive* orde satu atau AR (1) dimodelkan dalam bentuk:

$$Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

dimana  $c$  dan  $\phi$  merupakan konstanta,  $\varepsilon_t$  adalah *white noise* yang memenuhi:

$$E(\varepsilon_t) = 0 ; V(\varepsilon_t) = E(\varepsilon_t^2) = \sigma^2 \text{ dan } E(\varepsilon_t \varepsilon_k) = 0 \text{ untuk } l \neq k .$$

Pada pembahasan selanjutnya dibatasi untuk proses *stasioner* (proses stabil) dengan  $|\phi| < 1$  (Hamilton, 1994).

Mean dan varians dari variabel acak Persamaan (1) masing-masing adalah:

$$E(Y_t) = \mu_y = \frac{c}{1 - \phi_1}$$

(2)

$$Var(Y_t) = \sigma_Y^2 = \sigma_z^2 \left( \frac{1}{1 - \phi_1^2} \right) \quad (3)$$

**2. Bagan Kontrol EWMA Individu**

Bagan kontrol EWMA individu dibentuk dari pengamatan dengan ukuran sampel  $n=1$  diambil selama  $m$  periode, misalkan disimbolkan oleh  $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_m$ . Pengamatan tersebut merupakan sampel acak dari distribusi  $N \sim (\mu_Y, \sigma_Y^2)$ .

Montgomery (2001) mendefinisikan EWMA sebagai berikut:

$$Z_t = \lambda Y_t + (1 - \lambda) Z_{t-1}, \quad t = 1, 2, 3, \dots, m \quad (4)$$

dimana,  $\lambda$  merupakan faktor bobot EWMA dimana  $0 < \lambda \leq 1$  dan  $Z_0$  merupakan nilai awal yang diharapkan pada hasil produksi. Dalam hal ini  $Z_0 = \mu_{Y_0}$  merupakan nilai target, atau jika nilai target belum ada dapat berasal dari perhitungan sebagai berikut:

$$Z_0 = \bar{Y} = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m Y_t.$$

Dalam keadaan terkontrol  $\mu_Y = \mu_{Y_0}, \sigma_Y^2 = \sigma_{Y_0}^2$ . Dapat ditunjukkan bahwa mean dan varians dari  $Z_t$  adalah sebagai berikut:

$$E(Z_t) = \mu_{Y_0} \quad (5)$$

dan,

$$Var(Z_t) = \sigma_{Y_0}^2 \frac{\lambda(1 - (1 - \lambda)^{2t})}{2 + \lambda} \quad (6)$$

Maka batas-batas bagan kontrol EWMA menurut konsep *Shewhart* adalah:

$$\begin{aligned} BKA &= \mu_{Y_0} + L \sigma_{Y_0} \sqrt{\frac{\lambda}{2 - \lambda} (1 - (1 - \lambda)^{2t})} \\ GP &= \mu_{Y_0} \\ BKB &= \mu_{Y_0} - L \sigma_{Y_0} \sqrt{\frac{\lambda}{2 - \lambda} (1 - (1 - \lambda)^{2t})} \end{aligned}$$

(7)

Bagan kontrol dengan batas-batas kontrol seperti pada Persamaan (7) digunakan pada fase II yaitu jika  $\mu_{Y_0}$  dan  $\sigma_{Y_0}$  diketahui yang merupakan bagan kontrol EWMA standar (kasus independen). Untuk fase I dimana  $\mu_{Y_0}$  dan  $\sigma_{Y_0}$  tidak diketahui,  $\mu_{Y_0}$  ditaksir oleh penaksir tak biasnya yaitu

$$\bar{Y} = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m Y_t \quad (8)$$

dan  $\sigma_{Y_0}$  ditaksir oleh tak biasnya yaitu

$$\hat{\sigma}_{Y_0} = \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

dimana,

$$\overline{MR} = \frac{1}{m-1} \sum_{t=1}^{m-1} MR_t,$$

$$MR_j = |Y_t - Y_{t-1}|$$

dan,

$$d_2 = \frac{2}{\sqrt{\pi}}$$

(10)

(Montgomery, 2001).

Sehingga batas-batas bagan kontrol EWMA pada fase I adalah:

$$BKA = \bar{Y} + L \frac{\overline{MR}}{d_2} \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} (1-(1-\lambda)^{2t})}$$

$$GP = \bar{Y}$$

$$BKB = \bar{Y} - L \frac{\overline{MR}}{d_2} \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} (1-(1-\lambda)^{2t})}, t = 1,2,3,\dots,m$$

(11)

dimana **L** merupakan besaran yang menentukan lebar dari batas kontrolnya.

Kombinasi nilai **L** dan  $\lambda$  ditetapkan, sehingga nilai  $ARL_0$  konstan. Berdasarkan nilai  $ARL_1$  hasil perhitungan Montgomery (2001) dengan  $ARL_0=500$  (lihat Tabel 2.1) nilai  $\lambda$  sebagai bobot yang baik berada diantara  $0.05 \leq \lambda \leq 0.25$  dan untuk lebar batas kontrolnya berada diantara  $0.27 \leq L \leq 3$ .

**Tabel 2.1** Average Run Length (ARL) untuk Bagan Kontrol EWMA Yang Tidak Berotokorelasi

Pergeseran Rata-rata	$L=3.054$ $\lambda = 0.40$	2.998 0.25	2.962 0.20	2.814 0.10	2.615 0.05
0	500	500	500	500	500
0.25	224	170	150	106	84.4
0.50	71.2	48.2	41.8	31.3	28.8
0.75	28.4	20.1	18.2	15.9	16.4
1.00	14.3	11.1	10.5	10.3	11.4
1.50	5.9	5.5	5.5	6.1	7.1
2.00	3.5	3.6	3.7	4.4	5.2
2.50	2.5	2.7	2.9	3.4	4.2
3.00	2.0	2.3	2.4	2.9	3.5
4.00	1.4	1.7	1.9	2.2	2.7

### 3. Bagan Kontrol EWMA pada Proses Autoregressive Satu atau AR (1)

Pada proses dengan model AR(1) (lihat Persamaan (1)) telah ditunjukkan mean dan varians  $Y_t$  seperti pada Persamaan (2) dan (3). Oleh karena itu mean  $Z_t$  pada Persamaan (4) adalah:

$$E(Z_t) = \mu_{Y_0} = c \left( \frac{1}{1 + \phi_1} \right) \tag{12}$$

dan variansnya adalah,

$$\begin{aligned} V(Z_t) &= Var(\lambda Y_t + (1-\lambda)Z_{t-1}) \\ &= Var\left(\lambda \sum_{k=0}^{t-1} (1-\lambda)^k Y_{t-k} + (1-\lambda)^t \mu_{Y_0}\right) \\ &= \lambda^2 Var\left[\sum_{k=0}^{t-1} (1-\lambda)^{2k} Y_{t-k}\right] \\ &= \sigma_{Y_0}^2 \frac{\lambda}{2-\lambda} (1 - (1-\lambda)^{2t}) + 2Y^2 \sigma_{Y_0}^2 \sum_{i=0}^{t-2} \sum_{j=i+1}^{t-1} (1-\lambda)^{j-i} \phi_1^{j-i-1} \\ &= \sigma_{Y_0}^2 \left( \frac{\lambda}{2-\lambda} \right) \left( \frac{1 + \phi_1(1-\lambda)}{1 - \phi_1(1-\lambda)} \right) [1 - (1-\lambda)^{2t}] \\ &\quad + 2\sigma_{Y_0}^2 \left( \frac{\lambda}{2-\lambda} \right) \left( \frac{\phi_1(1-\lambda)}{1 - \phi_1(1-\lambda)} \right) [(1-\lambda)^{2t} - (1-\lambda)^{2t-2}] \\ &\quad - \sigma_{Y_0}^2 \left( \frac{\lambda^2}{1 - \phi_1(1-\lambda)} \right) \left( \frac{\phi_1^2(1-\lambda)^2}{\phi_1 + \lambda - 1} \right) [\phi_1^{t-1} - (1-\lambda)^{t-1}] \end{aligned} \tag{13}$$

Sehingga batas-batas bagan kontrol EWMA untuk model AR (1) adalah:

$$BKA = \mu_{Y_0} + L\sigma_{Y_0} \sqrt{Z_t}$$

$$GP = \mu_{Y_0}$$

$$BKB = \mu_{Y_0} - L\sigma_{Y_0} \sqrt{Z_t}$$

(14)

untuk Fase I dimana  $\mu_{Y_0}$  dan  $\sigma_{Y_0}$  tidak diketahui diganti oleh penaksir tak biasnya yaitu:

$$\hat{\mu}_{Y_0} = \frac{\hat{c}_0}{1 - \hat{\phi}_1} \tag{15}$$

$$\hat{\sigma}_{Y_0} = \frac{\overline{MR}}{d_2 \sqrt{1 - \hat{\phi}_1}} \tag{16}$$

dimana  $d_2$  seperti pada Persamaan (10).

Untuk menentukan  $L$  dan  $k$  pada bagan kontrol EWMA yang berotokerlasi sebesar  $\phi$  dapat didasarkan pada tabel berikut:

**Tabel 2.2** Nilai  $L$  Untuk Bagan Kontrol EWMA yang Berotokelasi

$\lambda \phi$	-0.9	-0.6	-0.3	0	0.3	0.6	0.9
<b>1.00</b>	2.822	3.054	3.085	3.089	3.085	3.054	2.822
<b>0.75</b>	2.879	3.079	3.089	3.087	3.069	3.015	2.758
<b>0.50</b>	2.939	3.087	3.086	3.071	3.031	2.949	2.675
<b>0.25</b>	2.990	3.066	3.044	2.988	2.929	2.821	2.537
<b>0.10</b>	2.964	2.943	2.878	2.814	2.737	2.626	2.341
<b>0.025</b>	2.642	2.493	2.423	2.369	2.310	2.227	1.986

Sumber : W.Schmid, Ulm, Germany(1997)

### C. Aplikasi

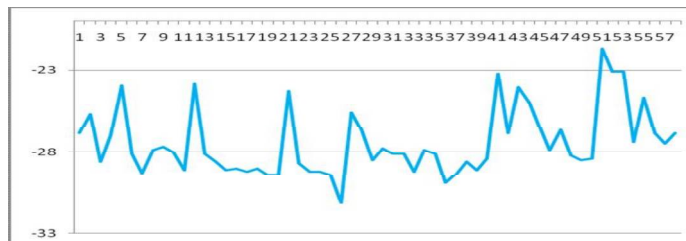
Bahan yang digunakan untuk pengaplikasian metode bagan kontrol EWMA merupakan data sekunder, yaitu data yang didapatkan dari history suhu lemari bank darah PMI kota Bandung. Bank darah merupakan suatu unit dirumah sakit yang merupakan bagian dari instalasi laboratorium yang menyelenggarakan pelayanan darah untuk memenuhi kebutuhan darah tranfusi bagi pasien yang dirawat dirumah sakit. Tugas Bank Darah adalah merencanakan kebutuhan darah rumah sakit, penyimpanan darah, melakukan pemeriksaan golongan darah dan *crossmatch* (proses pengujian darah pasien terhadap sampel donor potensial, menemukan kecocokan dari kompatibilitas).

Data yang diambil adalah suhu *freezer* pada bulan Mei tahun 2014. Dalam satu hari terdapat dua periode pengontrolan yaitu pada pukul 07.00 dan 14.00 WIB. Suhu *freezer* dikontrol sebanyak dua kali dalam sehari berdasarkan standar minimum alat penyimpanan darah (*freezer*) dari DepKes. Selama proses pengontrolan pada bulan Mei data yang terkumpul sebanyak 58 buah. Suhu *freezer* dikontrol dengan tujuan supaya tidak melebihi batas kontrol, DepKes menetapkan suhu *freezer* harus berada pada kisaran  $-30^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $-18^{\circ}\text{C}$  supaya darah yang dibekukan tidak rusak. Tabel 3.1 berikut merupakan gambaran untuk proses pengontrolan terhadap suhu *freezer*.

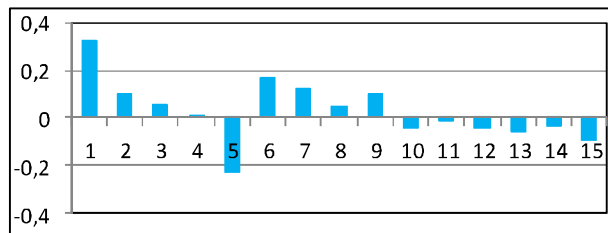
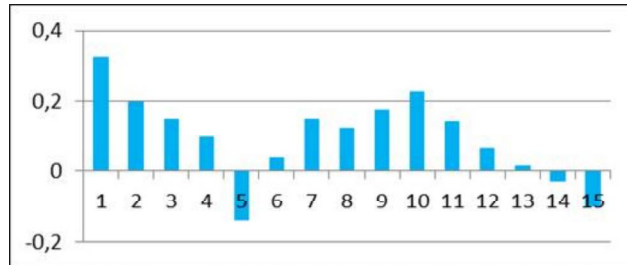
**Tabel 3.1** Data Pengamatan

Tanggal	Periode	Waktu	Suhu <i>Freezer</i> <sup>0</sup> C
1	1	07.00	-26.9
1	2	14.00	-25.7
.	.	.	..
.	.	.	..
29	57	07.00	-28.5
29	58	14.00	-27.8

Berikut adalah plot antara suhu dengan waktu pengamatan



Pada Gambar 3.1 terlihat bahwa fluktuasi plot antara data terhadap waktu menunjukkan deret data stasioner. Plot ACF dan PACF disajikan dalam Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 berikut



Tampak bahwa plot ACF menurun mengikuti gelombang *sinus* dan plot PACF *cut off* atau terpotong pada lag pertama menunjukkan bahwa model membentuk proses AR(1) dan data stasioner.

Model taksiran untuk AR (1) adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_t = -18.4929 + 0.326501 Y_{t-1}$$

Dengan nilai statistik pengujian signifikansi model  $t = 2.56$ , model tersebut sangat signifikan dengan taraf nyata  $\alpha = 0.01$ .

Kestasioneran data juga diuji dengan rumusan hipotesis :

$$H_0 : \phi = 1, \text{ data tidak stasioner}$$

$$H_1 : |\phi| < 1, \text{ data stasioner}$$

Nilai statistik uji  $t = -5.88$ ,  $H_0$  ditolak pada taraf nyata  $\alpha = 0.01$  ( $t_\alpha = 2$ ), maka dapat disimpulkan bahwa data memenuhi asumsi kestasioneran.

Selanjutnya, pemeriksaan kebebasan residu dengan uji *Ljung-Box* memberikan kesimpulan bahwa model sudah memenuhi syarat keacakan residual.

Kenormalan residu diperiksa dengan P-P plot (tidak dimuat disini), hasilnya penyimpangan lurus tidak mempengaruhi kecenderungan bahwa residu berasal dari distribusi normal.

Batas-batas bagan kontrol EWMA untuk proses AR(1) akan menggunakan nilai  $\lambda$  dan  $L$  masing-masing 0.1 dan 2.737, (lihat Table 2.2). Taksiran dari  $\mu_y$  dan  $\sigma_y$  adalah  $\hat{\mu}_y = -27.458$  dan  $\hat{\sigma}_y = 1.53927$ . Substitusi nilai-nilai tersebut pada

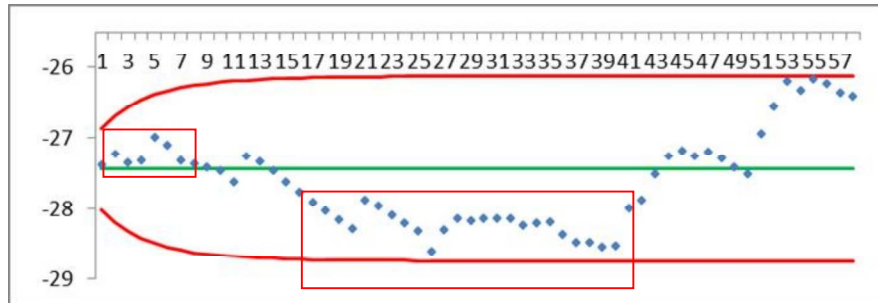
Persamaan (14) menghasilkan batas-batas bagan kontrol EWMA pada proses AR(1) berikut:

$$BKA = -27.458 + 2.737\sqrt{0.22836} = -26.15$$

$$GP = -27.458$$

$$BKB = -27.458 - 2.737\sqrt{0.22836} = -28.76$$

Plot nilai EWMA pada batas-batas kontrol disajikan pada Gambar 3.5.



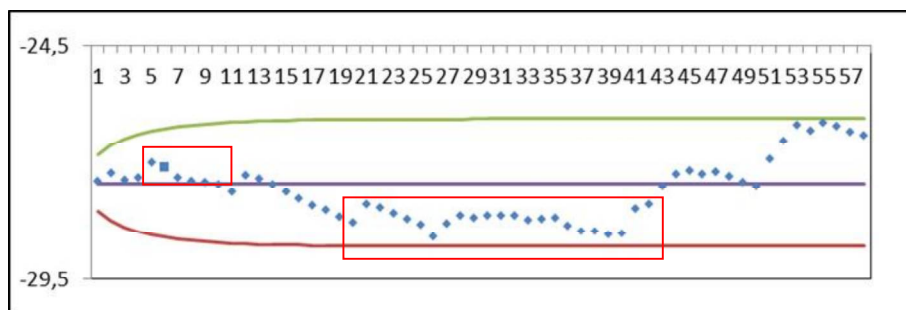
Kotak merah pada Gambar 3.5 merupakan sinyal yang menunjukkan proses tidak terkontrol dimana terdapat secara berurutan jatuh di sisi yang sama dari garis pusat. Sinyal tersebut ditunjukkan mulai dari pengamatan pertama sampai dengan pengamatan kesembilan. Selanjutnya lebih dari sembilan titik berada pada sisi bawah yaitu pada pengamatan yang ke empat belas sampai dengan pengamatan yang ke empat puluh tiga. Untuk bagan kontrol EWMA standar, menggunakan Persamaan (11), dengan nilai  $\lambda$  dan  $L$  masing-masing 0.1 dan 2.821 diperoleh batas-batas sebagai berikut :

$$BKA = -27.4483 + 2.821 \left( \frac{1.454909}{\sqrt{3.14}} \right) \sqrt{\frac{0.1}{2-0.1} (1 - (1-0.1)^{2(58)})} = -26.0836$$

$$GP = -27.4483$$

$$BKB = -27.4483 - 2.821 \left( \frac{1.454909}{\sqrt{3.14}} \right) \sqrt{\frac{0.1}{2-0.1} (1 - (1-0.1)^{2(58)})} = -28.813$$

Plot nilai-nilai EWMA pada batas-batas kontrol terlihat pada Gambar 3.6.





Pada bagan kontrol EWMA standar untuk proses pengontrolan suhu *freezer* menunjukkan hal yang sama. Oleh karena itu perlu dicari faktor penyebabnya, khususnya pada periode ke 14 sampai dengan 43. Perlakuan yang dibutuhkan untuk mengendalikan proses dapat dilakukan dengan langkah awal yaitu dengan mengecek keadaan mesin *freezer*-nya, apakah *freezer* masih layak pakai atau tidak. Seandainya keadaan *freezer* masih baik maka langkah kedua adalah mengecek apakah ada suatu perlakuan dimana suhu *freezer* dapat berubah secara signifikan atau tidak. Setelah pengecekan terhadap mesin dan perlakuan yang diberikan terhadap *freezer* maka langkah selanjutnya adalah mencari solusi supaya proses pengontrolan pada suhu *freezer* terkendali atau terkontrol dimana pergerakan rata-ratanya akan konstan pada rata-rata yang diharapkan.

#### D. Kesimpulan

Batas-batas kontrol EWMA untuk proses AR(1) diperoleh dengan jalan mempertimbangkan nilai parameter AR(1) pada penentuan dari statistik EWMA.

Terdapat perbedaan antara bagan kontrol EWMA standar dengan bagan kontrol EWMA pada proses AR(1). Bagan kontrol EWMA untuk proses AR(1) mempunyai batas-batas kontrol yang lebih sempit dibandingkan dengan bagan kontrol EWMA standar.

Hasil aplikasi bagan kontrol EWMA untuk proses AR(1) terhadap pengontrolan suhu *freezer* sebagai tempat penyimpanan darah di PMI kota Bandung menunjukkan bahwa (BKA)=-26.15, (BKB)=-28.76 dan GP= -27.548. Hasil plot data suhu *freezer* pada bagan kontrol menunjukkan bahwa proses tidak terkontrol karena ada 9 titik berturut-turut berada pada satu sisi atas dari GP dan lebih dari 9 titik berturut-turut berada pada sisi bawah dari garis GP.

#### Daftar Pustaka

- Fakhri, F.A. (2010) *Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Di Pt. Masscom Grahy Dalam Upaya Mengendalikan Tingkat Kerusakan Produk Menggunakan Alat Bantu Statistik*, Skripsi Fakultas Ekonomi Universitas Diponegoro Semarang.
- Handayani, F.R. (2012). *Bagan Kontrol Shewhart Rata-rata untuk Proses yang berotokorelasi*. Skripsi tidak dipublikasikan. Bandung: Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung.
- Herryanto, N dan Gantini, T. (2009) *Pengantar Statistika Matematika*, CV. YRAMA WIDYA Bandung.
- Hogg, R. V dan Craig, A. T. (1978), *Introduction to Mathematical Statistics, Fourth Edition*, Macmillan Publishing Co., Inc. NEW YORK And Collier Macmillan Publishers LONDON.
- Lucas, J. M., and Saccucci. M. S. (1990). *Exponentially Weighted Moving Average Kontrol Schemes: Properties and Enhancements*, *Technometrics*, Vol. 32(1), Pp. 1–29.
- Montgomery, D.C. (2001), *Statistical Quality Kontrol, six edition. United States of America* (USA).
- Muchlis, R.D. (2010), *Pengendalian Kualitas Statistika*, Pustaka, Ceria yayasan Pena, Jakarta dan Bandung.
- Rachmawati B. (2005), *Clinical Use of Blood* ( Presentasi ), Semarang.
- Schmid, W. (1997), *On EWMA Charts for Time Series*, *Frontiers in Statistical Quality Kontrol 5*, Physica Verlag Heidelberg, Germany.

- Timmer, H.D, Pignatiello, J.R and Longnecker, M. (1988), *The development and evaluation of CUSUM-based kontrol Charts for an AR(1) process. Institute of Industrial Engineers Transactions*,30,525-534.
- Wei, W.W.S. (2006). *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*, California: Addison-Wesley Publishing Company.
- Yanti, T. S. (2010), *Analisis Deret Waktu* , Pustaka Ceria, Indonesia.