

**Peramalan Dengan Metode *Smoothing* dan Verifikasi Metode Peramalan
Dengan Grafik Pengendali *Moving Range* (MR)
(Studi Kasus: Produksi Air Bersih di PDAM Tirta Kencana Samarinda)**

*Forecasting with Smoothing and Verification Methods with Moving Range (MR) Control Chart
(Case Study: Production of Pure Water at PDAM Tirta Kencana Samarinda)*

Prisca Nurida Eris¹, Darnah A. Nohe², Sri Wahyuningsih³

¹ Mahasiswa Program Studi Statistika FMIPA Universitas Mulawarman,

^{2,3} Dosen Program Studi Statistika FMIPA Universitas Mulawarman

Abstract

Forecasting is a technique for estimating a value in the future by observing past data and current data so that the error (the difference between what has happened with the results of the estimation) can be minimized. Forecasting methods used in this study is smoothing method (Single Moving Average, Single Exponential Smoothing and Weighted Moving Average). Furthermore, to determine the effectiveness of forecasting methods that have been used, then do the verification forecasting method using the moving range control chart. Based on the results obtained that the corresponding method is Weighted Moving Average which has a control limit value and the smallest mean square error so that the method can be used for forecasting the production of pure water in PDAM Tirta Kencana Samarinda from January 2014 until December 2014.

Keywords: Smoothing method, moving range, forecasting.

Pendahuluan

Peramalan merupakan suatu teknik untuk memperkirakan suatu nilai pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data masa lalu maupun data saat ini. Peramalan sangat penting sebagai pedoman dalam pembuatan rencana. Kerja dengan menggunakan ramalan akan jauh lebih baik daripada tanpa ramalan sama sekali. Tidak ada suatu metode ramalan yang paling baik dan selalu cocok digunakan untuk membuat peramalan setiap macam hal. Suatu metode mungkin sangat cocok untuk membuat ramalan mengenai suatu hal tetapi tidak cocok untuk membuat ramalan hal yang lain. Oleh karena itu harus memilih metode yang cocok yang dapat meminimumkan kesalahan ramalan.

Suatu langkah yang diperlukan setelah melakukan ramalan dengan menggunakan metode peramalan adalah memeriksa efektivitas metode peramalan yang telah digunakan. Bentuk yang termudah dalam memeriksa ramalan adalah dengan cara pengendali yakni peta kendali secara statistik.

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) merupakan unit usaha milik daerah, yang bergerak dalam distribusi air bersih bagi masyarakat umum. PDAM juga merupakan perusahaan daerah sebagai sarana penyedia air bersih yang diawasi dan dimonitor oleh aparat eksekutif maupun legislatif. Pada data distribusi air bersih pada PDAM Tirta Kencana Samarinda dari tahun ke tahun mengalami peningkatan dan penurunan maka perlu dilakukan peramalan yang dapat digunakan sebagai pertimbangan perusahaan dalam menentukan kebijakan.

Penelitian ini membatasi hanya menggunakan metode *smoothing* yaitu *Single Moving Average* (SMA), *Single Exponential Smoothing* (SES) dan *Weighted Moving Average* (WMA) dengan verifikasi metode peramalan menggunakan grafik pengendali *Moving Range* (MR) pada data jumlah produksi air bersih bulan Januari 2011 sampai Desember 2013 di PDAM Tirta Kencana Samarinda. Pada analisis metode peramalan menggunakan data tahun 2011 sampai 2012 dan untuk verifikasi grafik pengendali menggunakan data tahun 2013.

Metode Peramalan

***Single Moving Average* (SMA)**

Suatu cara memodifikasi pengaruh data masa lalu terhadap rata-rata bergerak (*moving average*) sebagai alat meramal adalah dengan menetapkan berapa banyak observasi terakhir yang diikutsertakan. Rata-rata bergerak memiliki arti bahwa apabila observasi baru telah tersedia, rata-rata yang baru dapat dihitung dengan menghilangkan data yang tertua dan menggantinya dengan yang terbaru. Ramalan demikian dikatakan *adaptive* yang berarti menyesuaikan terhadap tersedianya data baru dengan sendirinya.

Peramalan dengan menggunakan metode *Single Moving Average* memiliki perhitungan yang sederhana yaitu:

$$F_t = \frac{X_{t-1} + X_{t-2} \dots + X_{t-N}}{N} \quad (1)$$

Dengan F_t adalah ramalan untuk periode t , X_t adalah data aktual untuk waktu t dan N adalah jarak yang digunakan.

Metode *Single Moving Average* ini biasanya lebih cocok digunakan untuk melakukan *forecast* atau peramalan hal-hal yang bersifat *random*, artinya tidak ada gejala *trend* naik maupun turun, musiman dan sebagainya, serta sulit diketahui polanya. Metode *Single Moving Average* (SMA) memiliki beberapa sifat khusus, yaitu :

1. Untuk membuat peramalan diperlukan data historis selama jangka waktu tertentu. Misalnya apabila data yang didapatkan selama V periode maka peramalan dapat dilakukan untuk periode ke $V+1$.
2. Semakin panjang jangka waktu *moving average* maka akan menghasilkan *moving average* yang semakin halus.

Metode *Single Moving Average* merupakan metode dengan perhitungan yang sederhana akan tetapi memiliki kelemahan-kelemahan sebagai berikut:

1. Memerlukan data historis
2. Semua data diberikan *weight* (timbangan) yang sama
3. Tidak dapat mengikuti perubahan yang drastis
4. Tidak tepat apabila digunakan untuk peramalan data yang memiliki *trend*.

Single Exponential Smoothing (SES)

Metode *exponential smoothing* atau penghalusan eksponensial merupakan metode yang memberikan bobot menurun secara eksponensial untuk observasi-observasi yang semakin terakhir. Hal ini dikarenakan observasi terakhir memuat informasi yang terbaru tentang apa yang akan terjadi di masa mendatang, sehingga observasi-observasi tersebut harus diberikan bobot yang relatif lebih tinggi atau lebih besar daripada observasi-observasi sebelumnya. Untuk menghitung ramalan dengan metode SES maka digunakan persamaan sebagai berikut.

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)F_t \quad (2)$$

Dalam menentukan nilai α atau yang disebut dengan *smoothing* konstan dapat ditentukan secara bebas, artinya tidak ada suatu cara yang pasti untuk mendapatkan nilai α yang optimal sehingga dapat mengurangi kesalahan ramalan. Besarnya α terletak antara 0 dan 1. Besarnya α yang cocok dapat dipilih secara *trial and error* sampai menghasilkan α yang paling baik.

Weighted Moving Average (WMA)

Metode *Weighted Moving Average* atau rata-rata bergerak tertimbang merupakan salah satu metode peramalan data *time series* dengan menetapkan bobot (*weighted factor*) dari data-data historis. Penetapan pemberian bobot bersifat subjektif, tergantung pada pengalaman dan opini

analisis data. Adapun beberapa acuan pemikiran dalam penentuan bobot adalah sebagai berikut :

1. Perlu menetapkan, apakah observasi yang terakhir lebih besar peluang pembobotannya atau sebaliknya. Apabila peluang pembobotannya lebih besar pada observasi yang terakhir, maka *weighted factor* akan lebih besar pada periode akhir dibandingkan dengan periode awal.
2. Jumlah peluang pembobotannya adalah sama dengan satu.

Kemudian untuk menghitung *weight moving average* menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F_{t+1} = w_t X_t + w_{t-1} X_{t-1} + \dots + w_{t-N+1} X_{t-N+1} \quad (3)$$

Dengan w_t adalah pembobotan pada data dan X_t adalah data aktual atau data historis.

Verifikasi Metode Peramalan

Verifikasi data yang dibentuk bersifat saling bebas dengan set data. Prinsip dasar verifikasi adalah melakukan pemilahan data, satu set data digunakan untuk mendapatkan model dan set data lainnya digunakan untuk keperluan menduga resiko dari digunakannya model. Verifikasi peramalan juga merupakan alternatif untuk dapat mengetahui efektivitas metode peramalan yang digunakan. Verifikasi dilakukan dengan menggunakan grafik rentang bergerak (*Moving Range chart*) untuk membandingkan nilai yang diamati (data aktual) atau observasi dengan nilai peramalan dari kebutuhan yang sama. Grafik pengendali *Moving Range* juga merupakan grafik pengendali statistik yang digunakan dalam pengendalian kualitas.

Grafik pengendali Pada Unit Individu

Produk yang dihasilkan suatu perusahaan atau pabrik biasanya memiliki jumlah yang rendah dan memerlukan pengawasan pada setiap produknya. Selain itu untuk menguji kualitasnya dapat menyebabkan kerusakan atau kerugian pada perusahaan tersebut. Oleh karena itu digunakan grafik pengendali unit individu yang hanya menggunakan pengujian terhadap satu unit produk. Untuk produk dengan ukuran sampel satu dalam uji kualitas dapat menggunakan grafik pengendali *Moving Range* atau disebut juga grafik rentang bergerak. Kondisi lain alasan digunakannya grafik pengendali ini adalah apabila proses pengujian tersebut dirasakan sangat mahal, sehingga hanya diambil satu unit produk sebagai sampel untuk menguji apakah proses produksinya masih berada dalam batas pengendali atau tidak.

Grafik pengendali *Moving Range* digunakan untuk membandingkan nilai yang diamati atau data aktual dengan yang diramalkan. Berikut adalah langkah-langkah penggunaan grafik pengendali *Moving Range* (MR) :

1. Menghitung *Moving Range* atau rentang bergerak yang didefinisikan sebagai berikut :

$$MR_t = |(F_t - X_t) - (F_{t-1} - X_{t-1})| \quad (4)$$

Dengan F_t adalah suatu ramalan pada waktu t , F_{t-1} adalah ramalan sebelumnya ($t - 1$), X_t Adalah data aktual pada waktu t dan untuk X_{t-1} adalah data aktual sebelumnya.

2. Selanjutnya untuk rata-rata rentang bergerak (*Moving Range*) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\overline{MR} = \frac{\sum_{i=1}^n MR_i}{n-1} \quad (5)$$

Dengan n adalah banyaknya observasi dan MR_t adalah nilai moving range pada waktu ke t .

3. Menghitung garis pusat (*center line*), Batas Pengendali Atas (BPA), dan Batas Pengendali Bawah (BPB) untuk peta kendali *Moving Range*. Untuk menentukan batas pengendalinya, diperlukan taksiran untuk σ_{MR} . Dengan menganggap bahwa karakteristik kualitas berdistribusi normal, estimasi $\hat{\sigma}_{MR}$ dapat diperoleh dari distribusi rentang relatif $W = MR/\sigma$. Deviasi standar W (d_3) adalah fungsi n yang diketahui. Deviasi standar atau simpangan baku adalah ukuran sebaran statistik atau rata-rata jarak penyimpangan titik-titik data diukur dari nilai rata-rata data. Jadi, karena $MR = W\sigma$ maka deviasi standar MR adalah $\sigma_{MR} = d_3\sigma$. Karena σ tidak diketahui, maka σ_{MR} dapat ditaksir dengan

$$\hat{\sigma}_{MR} = d_3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

Dengan demikian, Batas pengendali atas dan batas pengendali bawah grafik pengendali *Moving Range* dengan batas pengendali 3-sigma dapat dihitung dengan rumus

$$BPA = \overline{MR} + 3\hat{\sigma}_{MR} = \overline{MR} + 3d_3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad (6)$$

$$BPB = \overline{MR} - 3\hat{\sigma}_{MR} = \overline{MR} - 3d_3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad (7)$$

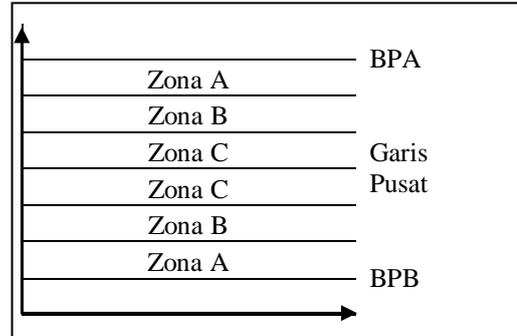
Untuk nilai d_3 dan d_2 dapat dilihat pada grafik pengendali.

Ada beberapa kriteria peta kendali dianggap tidak terkendali jika:

1. Satu atau lebih titik terletak di luar batas kendali
2. Terdapat 9 titik pada zona C ataupun di luarnya (pada bagian batas pengendali yang sama)
3. Terdapat 6 titik yang memiliki pola meningkat atau menurun secara berurutan

4. Terdapat 2 atau 3 titik dalam zona A atau di luarnya (pada bagian batas kendali yang sama)
5. Terdapat 4 atau 5 titik dalam zona B atau di luarnya.

Dalam menginterpretasikan sebuah grafik pengendali, akan memudahkan apabila diagram kendali tersebut terdiri dari enam zona yang berbeda, seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 1. Zona-zona pada grafik pengendali

Batas-batas zona dapat ditentukan dengan menggunakan batas kendali 3-sigma yaitu dengan cara:

- Batas A-B bawah dan atas : $\overline{MR} \pm 2\hat{\sigma}_{MR} = \overline{MR} \pm 2d_3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$
- Batas B-C bawah dan atas : $\overline{MR} \pm 1\hat{\sigma}_{MR} = \overline{MR} \pm 1d_3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$

Tiap-tiap zona memiliki lebar 1 deviasi standar. Dua zona yang berada dalam jarak 1 deviasi standar dari garis pusat dinamakan zona C. Kedua daerah yang berada pada jarak antara 1 deviasi standar hingga 2 deviasi standar dari garis pusat dinamakan zona B. Kemudian kedua daerah yang berjarak 2 hingga 3 deviasi standar dari garis pusat dinamakan zona A.

Ukuran Akurasi Peramalan

Mean Square Error (MSE) biasa disebut juga galat peramalan. Galat ramalan tidak dapat dihindari dalam sistem peramalan, namun galat tersebut dapat dikelola dengan benar.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - F_i)^2}{n} \quad (8)$$

Dengan X_t adalah nilai aktual pada waktu t , F_t adalah ramalan pada waktu t dan n adalah banyaknya observasi.

Hasil dan Pembahasan

Data peramalan menggunakan data jumlah produksi air bersih di PDAM Tirta Kencana Samarinda pada bulan Januari 2011 sampai Desember 2012 sedangkan untuk verifikasi metode peramalan menggunakan data tahun 2013.

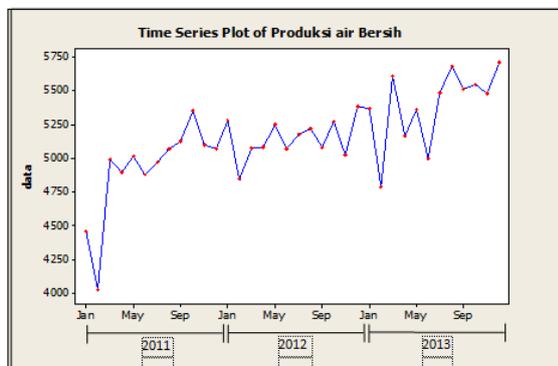
Berdasarkan hasil *software* MINITAB 16 diperoleh statistika deskriptif dari data tentang jumlah produksi air bersih di PDAM Tirta Kencana Samarinda pada tahun 2011 sampai tahun 2013 adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Statistika Deskriptif Produksi Air Bersih (Ribu m³)

N	36
Mean	5.146,7
Nilai Minimum	4.021,1
Nilai Maksimum	5.707,0
Variansi	109.002,0
Standar Deviasi	330,2

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa terdapat 36 sampel dengan rata-rata (*mean*) produksi air bersih di PDAM Tirta Kencana Samarinda adalah 5.146,7 ribu m³ untuk selanjutnya statistika deskriptif juga dapat dilihat dengan menggunakan *Time Series Plot*.

Eksplorasi data produksi air bersih bulanan di PDAM Tirta Kencana Samarinda dapat dilakukan dengan menggunakan plot deret waktu (*Time Series Plot*) untuk periode Januari 2011 sampai dengan Desember 2013. Berikut plot deret waktu data aktual produksi air bersih di Samarinda yang dibuat dengan menggunakan program *Minitab* Versi 16.



Gambar 2. Grafik Data Produksi Air Bersih di Samarinda Tahun 2011-2013

Pada gambar 2 dapat terlihat produksi air bersih yang paling sedikit terjadi pada bulan Februari tahun 2011 kemudian meningkat tajam pada bulan Maret 2011. Produksi air bersih juga mengalami peningkatan secara berturut-turut pada bulan Juni 2011 sampai bulan Oktober 2011. Produksi air bersih yang paling tinggi terjadi pada bulan Desember 2013. Dari gambar 2 juga bisa dilihat secara visual bahwa data telah stasioner karena data produksi air bersih berada di sekitar rata-rata dan mengikuti pola random. Untuk lebih meyakinkan stasioner atau tidaknya suatu deret akan dilakukan uji akar unit atau uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF).

Pengecekan dilakukan dengan menggunakan uji akar unit atau uji *Augmented Dickey-Fuller* dengan menggunakan *software* Eviews 4.

Hipotesis:

$$H_0 : \gamma = 0 \text{ (Data time series tidak stasioner).}$$

$$H_1 : \gamma \neq 0 \text{ (Data time series stasioner).}$$

Taraf signifikansi:

$$\alpha = 0,05$$

Daerah kritis:

$$H_0 \text{ ditolak apabila } p\text{-value} < \alpha$$

Statistik Uji

$$\tau = \left| \frac{\hat{\gamma}}{SE(\hat{\gamma})} \right|$$

Keputusan:

$$H_0 \text{ ditolak karena } p\text{-value} (0,0343) < \alpha (0,05)$$

Kesimpulan:

Data *time series* stasioner.

Karena data jumlah produksi air bersih di PDAM Tirta Kencana Samarinda dari bulan Januari 2011 sampai Desember 2013 adalah stasioner, maka peramalan menggunakan metode *Single Moving Average* (SMA), *Single Exponential Smoothing* (SES) dan *Weighted Moving Average* (WMA) dapat dilakukan.

Untuk mengetahui N yang paling baik untuk digunakan dalam metode *moving average*, maka dilihat nilai *Mean Square Error* yang paling kecil dari masing-masing N, berdasarkan Persamaan (8) maka didapatkan nilai MSE sebagai berikut.

Tabel 2 Nilai MSE untuk metode *single moving average* (ribu m³)

Banyak N	Nilai MSE
3	35.637,40
4	32.687,45
6	32.853,60

Dari Tabel 2 terlihat bahwa N sebanyak 4 memiliki nilai *Mean Square Error* (MSE) yang paling kecil dari yang lain yaitu 32.687,45. Maka metode *single moving average* yang baik digunakan adalah N = 4.

Untuk mengetahui α yang paling baik untuk digunakan dalam metode *Single Exponential Smoothing*, maka dilihat nilai MSE yang paling kecil dari masing-masing α , berdasarkan Persamaan (8) maka didapatkan nilai MSE pada Tabel 3.

Dari Tabel 3 terlihat bahwa $\alpha = 0,5$ memiliki nilai MSE yang paling kecil dari yang lain yaitu 59.979,4. Maka metode *Single Exponential Smoothing* yang baik digunakan adalah $\alpha = 0,5$.

Untuk mengetahui N yang paling baik untuk digunakan dalam metode *Weighted Moving Average*, maka dilihat nilai MSE yang paling kecil dari N=4 dengan pembobotan yang berbeda-beda.

Tabel 3 Nilai MSE untuk metode *Single Exponential Smoothing* (ribu m³)

Nilai α	Nilai MSE
0,1	122.333
0,2	76.906,8
0,3	64.370,4
0,4	60.382,6
0,5	59.979,4
0,6	61.613,1
0,7	64.721,5
0,8	69.154,7
0,9	74.995,6

Berdasarkan Persamaan (8) maka didapatkan nilai MSE sebagai berikut.

Tabel 4 Nilai MSE untuk metode *Weighted Moving Average* (ribu m³)

Bobot (w)	Nilai MSE
0,4; 0,3; 0,2; 0,1	27.275,20
0,5; 0,3; 0,1; 0,1	26.087,69
0,4; 0,2; 0,2; 0,1	333.920,50
0,3; 0,3; 0,2; 0,2	28.982,85
0,5; 0,2; 0,2; 0,1	29.502,18
0,6; 0,2; 0,1; 0,1	28.494,80
0,5; 0,4; 0,05; 0,05	24.170,33
0,6; 0,3; 0,05; 0,05	26.234,34
0,7; 0,1; 0,1; 0,1	31.551,39
0,8; 0,1; 0,05; 0,05	32.310,80
0,3; 0,3; 0,3; 0,1	29.695,65
0,7; 0,2; 0,05; 0,05	28.947,83
0,4; 0,4; 0,1; 0,1	24.330,06
0,9; 0,05; 0,025; 0,025	35.090,70

Dari tabel 4 terlihat bahwa N = 4 dengan bobot (0,5; 0,4; 0,05; 0,05) memiliki nilai MSE yang paling kecil dari yang lain yaitu 24.170,33. Maka metode *Weighted Moving Average* yang baik digunakan adalah N = 4 dengan bobot 0,5; 0,4; 0,05 dan 0,05.

Verifikasi peramalan dilakukan untuk mengetahui apakah hasil peramalan dengan metode peramalan yang dipilih mencerminkan data masa lalu. Verifikasi metode peramalan juga digunakan untuk mengetahui efektivitas metode peramalan yang telah didapatkan. Data yang digunakan adalah data jumlah produksi air bersih di PDAM Tirta Kencana Samarinda selama setahun terakhir. Verifikasi dilakukan pada ketiga metode peramalan yaitu *Single Moving Average* (SMA) dengan N=4, *Single Exponential Smoothing* (SES) dengan α=0,5 dan *Weighted Moving Average* (WMA) dengan N=4 dan bobot (0,5; 0,4; 0,05; 0,05) dengan menggunakan grafik pengendali *Moving Range*.

Verifikasi Metode Peramalan *Single Moving Average* (SMA)

Perhitungan *Moving Range* dengan menggunakan Persamaan (4) yaitu sebagai berikut:

$$MR_t = |(F_t - X_t) - (F_{t-1} - X_{t-1})|$$

$$MR_1 = |(5.203,84 - 4.785,69) - (5.186,35 - 5.363,26)|$$

MR₁ = 595,06
dan seterusnya.

Setelah didapatkan *Moving Range* (MR) kemudian dijumlahkan untuk mencari rata-rata dari *Moving Range* berdasarkan persamaan (5) yaitu :

$$\overline{MR} = \frac{\sum_{t=2}^N MR_t}{n-1} = \frac{\sum_{t=2}^{12} MR_t}{12-1} = \frac{3.259,49}{11} = 341,27$$

Dengan demikian, berdasarkan tabel grafik pengendali, diketahui bahwa untuk k=2 maka nilai d₃=0,853 dan d₂=1,128, Sehingga batas pengendali atas (BPA) dan batas pengendali bawah (BPB) pada grafik pengendali *Moving Range* yang ditunjukkan pada Gambar 3 melalui Persamaan (6) dan (7) diperoleh:

$$BPA = \overline{MR} + 3\hat{\sigma}_{MR} = \overline{MR} + 3d_3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

$$= 341,27 + (3 \times 0,853) \frac{341,27}{1,128}$$

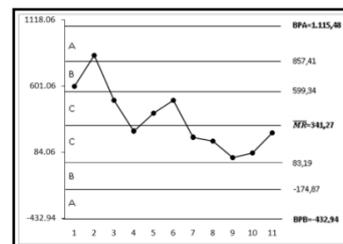
$$= 1.115,48$$

$$BPB = \overline{MR} - 3\hat{\sigma}_{MR} = \overline{MR} - 3d_3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

$$= 341,27 - (3 \times 0,853) \frac{341,27}{1,128}$$

$$= -432,94$$

Berikut ini adalah grafik pengendali *Moving Range* (MR) untuk verifikasi metode peramalan SMA pada data produksi air bersih di PDAM Tirta Kencana Samarinda.



Gambar 3. Grafik pengendali *Moving Range* Metode SMA dengan N=4

Batas-batas zona pada kriteria batas pengendali dapat ditentukan dengan cara di bawah ini :

Zona di atas garis pusat yaitu :

Batas bawah A

$$= \overline{MR} + 2d_3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

$$= 341,27 + (2 \times 0,853) \frac{341,27}{1,128} = 857,41$$

Batas bawah B

$$= \overline{MR} + d_3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

$$= 341,27 + 0,853 \frac{341,27}{1,128} = 599,340$$

Zona di bawah garis pusat yaitu :

Batas atas B

$$= \overline{MR} - d_3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

$$= 341,27 - 0,853 \frac{341,27}{1,128} = 83,19$$

Batas atas A

$$= \overline{MR} - 2d_3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

$$= 341,27 - (2 \times 0,853) \frac{341,27}{1,128} = -174,870$$

Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa data produksi air bersih di PDAM Tirta Kencana Samarinda memiliki nilai Batas Pengendali Atas (BPA) adalah 1.115,48 dan garis tengah \overline{MR} adalah 341,27 serta memiliki Batas Pengendali Bawah (BPB) adalah -432,94. Berdasarkan kriteria peta kendali, terlihat bahwa :

1. Tidak terdapat satu atau lebih titik terletak di luar batas kendali
2. Tidak terdapat 9 titik berturut-turut pada zona C ataupun di luarnya (pada bagian batas pengendali yang sama)
3. Tidak terdapat 6 titik yang memiliki pola meningkat atau menurun secara berurutan
4. Tidak terdapat 2 atau 3 titik dalam zona A atau di luarnya (pada bagian batas kendali yang sama)
5. Tidak terdapat 4 atau 5 titik yang berurutan dalam zona B atau di luarnya

Karena tidak terdapat pelanggaran pada kriteria peta kendali, maka dapat disimpulkan bahwa grafik pengendali *Moving Range* dari residual untuk metode *Single Moving Average* (SMA) dengan menggunakan $N=4$ telah terkendali.

Verifikasi Metode Peramalan *Single Exponential Smoothing* (SES)

Perhitungan *Moving Range* dengan menggunakan Persamaan (4) yaitu sebagai berikut :

$$MR_1 = 1.013,55$$

dan seterusnya.

Setelah didapatkan *Moving Range* (MR) kemudian dijumlahkan untuk mencari rata-rata dari *Moving Range* berdasarkan persamaan (5) yaitu :

$$\overline{MR} = 402,25$$

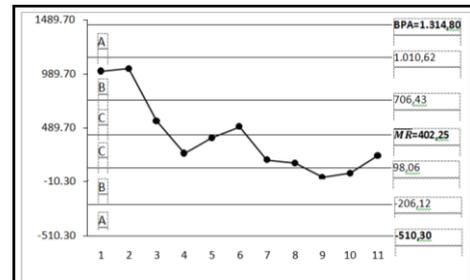
Dengan demikian, berdasarkan tabel grafik pengendali, diketahui bahwa untuk $k=2$ maka nilai $d_3=0,853$ dan $d_2=1,128$, Sehingga batas pengendali atas (BPA) dan batas pengendali bawah (BPB) pada grafik pengendali *Moving*

Range yang ditunjukkan pada Gambar 4 melalui persamaan (6) dan (7) diperoleh:

$$BPA = 1314,80$$

$$BPB = -510,30$$

Berikut ini adalah grafik pengendali *Moving Range* (MR) untuk verifikasi metode peramalan SES pada data produksi air bersih di PDAM Tirta Kencana Samarinda.



Gambar 4. Grafik pengendali *Moving Range* Metode SES dengan $\alpha=0,5$

Batas-batas zona pada kriteria batas pengendali dapat ditentukan dengan cara di bawah ini :

Zona di atas garis pusat yaitu :

$$\text{Batas bawah A} = 1.010,62$$

$$\text{Batas bawah B} = 706,43$$

Zona di bawah garis pusat yaitu :

$$\text{Batas atas B} = 98,06$$

$$\text{Batas atas A} = -206,12$$

Berdasarkan Gambar 4 diketahui bahwa data produksi air bersih di PDAM Tirta Kencana Samarinda memiliki nilai Batas Pengendali Atas (BPA) adalah 1314,80 dan garis tengah \overline{MR} adalah 402,25 serta memiliki Batas Pengendali Bawah (BPB) adalah -510,30. Karena tidak terdapat pelanggaran pada kriteria peta kendali, maka dapat disimpulkan bahwa grafik pengendali *Moving Range* dari residual untuk metode *Single Exponential Smoothing* (SES) dengan menggunakan $\alpha=0,5$ telah terkendali.

Verifikasi Metode Peramalan *Weighted Moving Average* (WMA)

Perhitungan *Moving Range* dengan menggunakan Persamaan (4) yaitu sebagai berikut :

$$MR_1 = 593,92$$

dan seterusnya.

Setelah didapatkan *Moving Range* (MR) kemudian dijumlahkan untuk mencari rata-rata dari *Moving Range* berdasarkan Persamaan (5) yaitu :

$$\overline{MR} = 340,33$$

Dengan demikian, berdasarkan tabel grafik pengendali, diketahui bahwa untuk $k=2$ maka nilai $d_3=0,853$ dan $d_2=1,128$, Sehingga batas pengendali atas (BPA) dan batas pengendali bawah (BPB) pada grafik pengendali *Moving Range* yang ditunjukkan pada Gambar 5 melalui Persamaan (6) dan (7) diperoleh:

$$BPA = 1.112,40$$

BPB = -431,75

Berikut adalah grafik pengendali *Moving Range* (MR) untuk verifikasi metode peramalan WMA data produksi air bersih di PDAM Tirta Kencana Samarinda.

Batas-batas zona pada kriteria batas pengendali dapat ditentukan dengan cara dibawah ini :

Zona di atas garis pusat yaitu :

Batas bawah A = 855,05

Batas bawah B = 597,68

Zona di bawah garis pusat yaitu :

Batas atas B = 82,97

Batas atas A = -174,38

Berdasarkan Gambar 5 diketahui bahwa data produksi air bersih di PDAM Tirta Kencana Samarinda memiliki nilai Batas Pengendali Atas (BPA) adalah 1112,40 dan garis tengah \bar{MR} adalah 340,33 serta memiliki Batas Pengendali Bawah (BPB) adalah -431,75. Karena tidak terdapat pelanggaran pada kriteria peta kendali, maka dapat disimpulkan bahwa grafik pengendali *Moving Range* dari residual untuk metode *Weighted Moving Average* (WMA) menggunakan $N=4$ dan bobot ($w=0,5; 0,4; 0,05; 0,05$) telah terkendali.

Terdapat beberapa indikator-indikator dalam pengukuran akurasi peramalan salah satunya adalah yang didasarkan atas nilai MSE. Dari ketiga metode yaitu *Single Moving Average* (SMA) dengan $N=4$, *Single Exponential Smoothing* (SES) dengan $\alpha=0,5$ dan *Weighted Moving Average* (WMA) dengan $N=4$ dan bobot ($w=0,5; 0,4; 0,05; 0,05$) akan dibandingkan nilai MSE dan Batas Pengendali pada grafik pengendali.

Peramalan menggunakan metode *Weighted Moving Average* dengan $N=4$ dan bobot ($w=0,5; 0,4; 0,05; 0,05$) merupakan metode yang terbaik untuk dapat digunakan dalam melakukan Peramalan produksi air bersih di PDAM Tirta Kencana Samarinda pada bulan Januari 2014 sampai Desember 2014.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka metode yang paling sesuai untuk peramalan produksi air bersih di PDAM Tirta Kencana Samarinda dengan menggunakan data pada bulan Januari 2011 sampai Desember 2013 adalah metode *Weighted Moving Average* (WMA) untuk $N=4$ dan bobot $0,5; 0,4; 0,05; 0,05$ dengan Nilai *Mean Square Error* (MSE) yaitu 24.170.330 m^3 serta memiliki nilai BPA yaitu 1.112.400 m^3 dan BPB adalah -431.750 m^3 sehingga metode WMA sesuai untuk peramalan produksi air bersih tahun 2014 di PDAM Tirta Kencana Samarinda dan perhitungan pada verifikasi metode peramalan produksi air bersih di PDAM Tirta Kencana Samarinda dengan diagram kontrol *moving range* (MR)

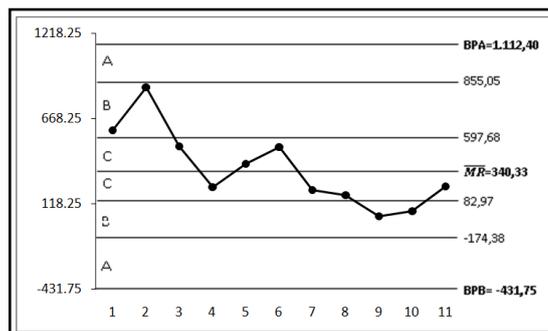
untuk semua metode peramalan adalah dalam keadaan terkendali.

Daftar Pustaka

- Aswi dan Sukarna. 2006. *Analisis Deret Waktu dan Aplikasi*. Makassar: Andira Publisher.
- Biegel, John E. 1992. *Pengendalian Produksi Suatu Pendekatan Kuantitatif*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Haming, M. dan Nurnajamuddin, M. 2011. *Buku 1 Manajemen Produksi Modern Operasi Manufaktur dan Jasa Edisi Kedua*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Herjanto, Eddy. 2009. *Sains Manajemen Analisis Kuantitatif Untuk Pengambilan Keputusan*. Jakarta: Grasindo.
- Makridakis, S. dan Steven, C. W. 1994. *Metode dan Aplikasi Peramalan Jilid 1 (Edisi Kedua)*. Jakarta: Bina Rupa Aksara.
- McClave, Benson dan Sincich. 2010. *Statistik Untuk Bisnis dan Ekonomi Jilid 2 Edisi Kesebelas*. Jakarta: Erlangga.
- Montgomery, C, Douglas. 1996. *Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Mulyono, Sri. 2000. *Peramalan Bisnis dan Ekonometrika Edisi Pertama*. Yogyakarta: BPFPE.
- Subagyo, Pangestu. 2009. *Forecasting Konsep dan Aplikasi Edisi Dua*. Yogyakarta: BPFPE.

Tabel 5 Perbandingan Nilai MSE dan Batas Pengendali Pada Metode Peramalan (ribu m³)

Metode Peramalan	Nilai BPB	Nilai BPA	Nilai MSE
Single Moving Average (SMA) Dengan N=4	-432,94	1.115,48	32.687,45
Single Exponential Smoothing (SES) Dengan $\alpha=0,5$	-510,30	1.314,80	59.979,40
Weighted Moving Average (WMA) Dengan N=4 dan bobot ($w=0,5; 0,4; 0,05; 0,05$)	-431,75	1.112,40	24.170,33



Gambar 5. Grafik pengendali *Moving Range* Metode WMA dengan N=4 dan bobot (0,5; 0,4; 0,05; 0,05)