
Perbandingan Metode *Moving Average*, *Exponential Smoothing* dan ARIMA dalam Peramalan Volume Penumpang Kereta Api di Stasiun Gambir

Agus Sumarna

Program Studi Magister Pendidikan MIPA

Universitas Indraprasta PGRI

agus.sumarna1989@gmail.com

Abstrak. Sarana transportasi kereta api lebih diminati dibandingkan sarana transportasi darat lainnya karena waktu perjalanan lebih cepat dibandingkan transportasi Bus dan lebih murah dibandingkan dengan pesawat terbang. Pada Stasiun besar seperti Stasiun Gambir volume penumpang kereta api setiap bulannya mengalami kenaikan yang sangat pesat dan penurunan pada bulan-bulan tertentu. Keadaan yang berubah tersebut perlu dianalisis lebih lanjut untuk dijadikan pertimbangan kebijakan yang diambil. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh gambaran jumlah penumpang kereta api di Stasiun Gambir tahun 2007-2011, membandingkan metode *Moving Average*, *Exponential Smoothing* dan ARIMA dalam meramalkan volume penumpang kereta api di Stasiun Gambir, dan meramalkan volume penumpang kereta api tahun 2012 di Stasiun Gambir. Metode terbaik dipilih berdasarkan tingkat kesalahan yang paling kecil berdasarkan nilai MAD, MSE dan MAPE. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa data volume penumpang kereta api di Stasiun Gambir selama lima tahun dari bulan Januari 2007 sampai bulan Desember 2011. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai MAD, MSE dan MAPE yang paling terkecil diperoleh dari metode ARIMA (1,1,1) sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa metode yang paling tepat digunakan untuk meramalkan jumlah penumpang kereta api di Stasiun Gambir adalah metode ARIMA (*Box Jenkins*). Hasil peramalan jumlah penumpang kereta api di Stasiun Gambir pada tahun 2012 dengan menggunakan metode ARIMA (1,1,1), pada bulan Januari sebesar 178.196 orang, nilai pada bulan Februari sebesar 172.129 orang dan pada bulan Maret sebesar 171.003 orang.

Kata kunci: ARIMA, *exponential smoothing*, *forecasting KA*, *moving average*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Persaingan di era globalisasi ini semakin ketat, persaingan ini tidak hanya terjadi pada perusahaan barang, melainkan juga terjadi pada perusahaan jasa. Persaingan tidak hanya terjadi pada tingkat produktivitas perusahaan dan harga produk atau jasa, tetapi lebih ditekankan pada mutu produk atau jasa tersebut, kenyamanan, kemudahan, ketepatan, dan kecepatan waktu dalam pencapaiannya. Pelayanan yang bermutu merupakan salah satu cara tepat bagi perusahaan agar dapat bersaing dengan perusahaan yang lainnya. Tingkat mutu pelayanan tidak dapat dinilai berdasarkan sudut pandang perusahaan, tetapi harus dipandang dari sudut pelanggan. Oleh karena itu, dalam merumuskan strategi pemasaran, harus berorientasi pada kebutuhan pelanggan. Suatu pelayanan dinilai memuaskan, bila dapat memenuhi kebutuhan dan harapan konsumen. Ada beberapa faktor yang dapat dipertimbangkan oleh konsumen dalam menilai suatu pelayanan, yaitu ketepatan waktu, dapat dipercaya, kemampuan teknis, harapan, mutu dan harga sepadan. Maka dari itu, pengukuran kepuasan pelanggan sangatlah penting, karena perusahaan dapat mempertahankan konsumennya.

Salah satu analisis yang dapat digunakan untuk mengukur kepuasan konsumen yaitu dengan menggunakan *Importance Performance Analysis (IPA)* dan *Customer Satisfaction Index (CSI)*.

Penelitian sebelumnya tentang *Importance Performance Analysis (IPA)* dan *Customer Satisfaction Index (CSI)* antara lain dilakukan oleh Sumartiningsih (2008) mengenai Analisis Kepuasan Pelanggan Terhadap Pelayanan Rumah Sakit. Metode yang digunakan adalah *Importance Performance Analysis (IPA)* dan Analisis Korespondensi. Riyanto (2005) mengenai Analisis Kepuasan Pelanggan Jasa Transportasi PO. Lorena Eksekutif. Metode yang digunakan adalah *Importance Performance Analysis (IPA)*, Khi Kuadrat dan uji Friedman.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk: 1) Memperoleh gambaran jumlah penumpang kereta api tahun 2007-2011 di Stasiun Gambir, 2) Membandingkan metode Moving Average, Exponential Smoothing dan ARIMA didalam peramalan volume penumpang kereta api di Stasiun Gambir, 3) Mencari model peramalan yang tepat untuk meramalkan volume penumpang kereta api di Stasiun Gambir, 4) Meramalkan volume penumpang kereta api tahun 2012 di Stasiun Gambir.

METODOLOGI PENELITIAN

Data

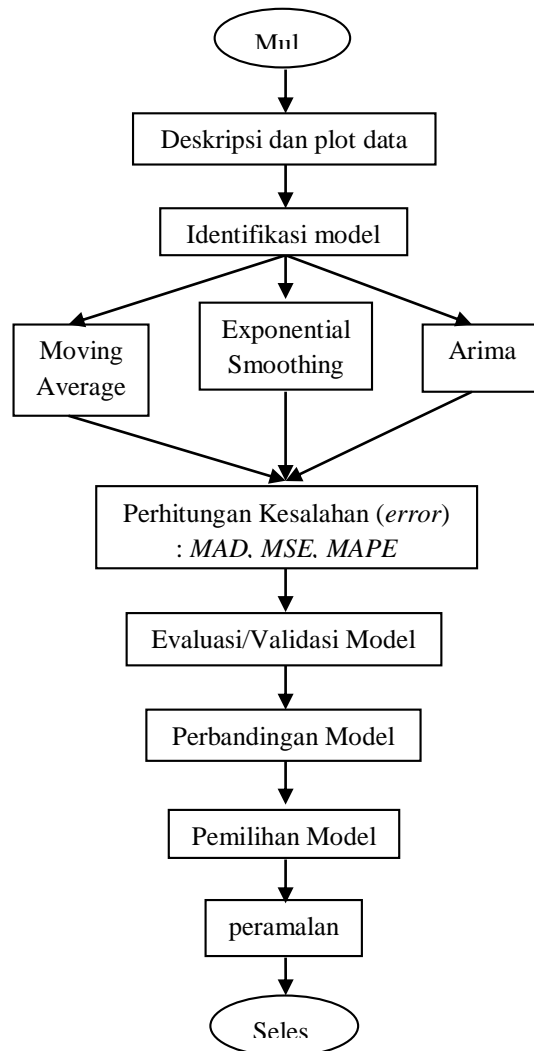
Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data dari PT. Kereta Api Indonesia yang berupa data jumlah penumpang kereta api di Stasiun Gambir tahun 2007 sampai 2011.

Tabel 1. Data Sekunder Jumlah Penumpang Kereta Api di Stasiun Gambir

Bulan	Tahun				
	2007	2008	2009	2010	2011
Januari	166.394	143.915	170.93	182.494	188.408
Februari	105.838	137.087	155.896	174.502	177.232
Maret	161.883	170.181	194.288	187.068	189.234
April	122.004	181.487	174.918	175.293	178.872
Mei	157.496	192.543	180.91	176.162	180.91
Juni	167.693	221.179	225.348	207.124	225.348
Juli	197.426	232.085	220.138	211.383	211.383
Agustus	169.159	240.233	240.652	206.307	159.271
September	178.071	167.729	158.014	140.975	202.624
Oktober	122.305	192.419	193.138	159.271	182.24
Nopember	151.591	197.502	202.624	182.24	238.709
Desember	178.469	206.951	238.709	193.712	202.624

Tahapan Analisis

Tahapan penelitian yang akan dilakukan dapat digambarkan seperti diagram berikut :



Gambar 1. *Flowchart* Tahapan Penelitian

Langkah -langkah dalam tahapan penelitian ini adalah :

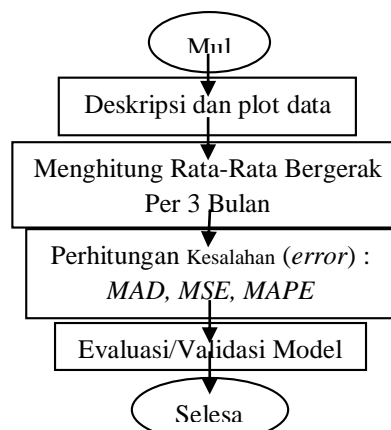
1. Deskripsi data dan plot data volume penumpang selama 5 tahun ke belakang.
2. Meramalkan jumlah penumpang kereta api menggunakan metode *moving average*, *exponensial smoothing* dan ARIMA.
3. Perhitungan kesalahan dengan memperhatikan tingkat kesalahan yang diukur dengan kriteria *MAD*, *MSE*, dan *MAPE* untuk mengetahui metode mana yang paling tepat digunakan, dicari tingkat kesalahan (*error*) yang lebih mendekati nol.
4. Evaluasi awal atau Validasi Model, dengan memperhatikan tingkat kesalahan yang diukur dengan kriteria *MAD*, *MSE*, dan *MAPE*.

5. Membandingkan hasil peramalan metode *Moving Average*, *exponensial smoothing* dan ARIMA.
6. Uji peramalan untuk memilih model terbaik yang meliputi kriteria *MAD*, *MSE*, dan *MAPE*.
7. Meramalkan tahun 2012 dengan model yang terbaik dari metode *Moving Average*, *exponensial smoothing* dan ARIMA.

Langkah – langkah di dalam penelitian ini dijalankan dengan bantuan *software* statistik yaitu : *Minitab 14*, *POM 3.0 for Windows* dan *Microsoft Exel*.

Metode Analisis

Metode Rata-Rata Bergerak (*Moving Average*)



Gambar 2. *Flowchart* Tahapan Metode *Moving Average*

Langkah – langkah yang dilakukan dalam metode *moving average* meliputi:

1. Deskripsi data dan plot data volume penumpang selama 5 tahun ke belakang.
2. Mnghitung rata-rata bergerak per 3 bulan.
3. Perhitungan kesalahan dengan memperhatikan tingkat kesalahan yang diukur dengan kriteria *MAD*, *MSE*, dan *MAPE*.
4. Evaluasi awal atau Validasi Model, dengan memperhatikan tingkat kesalahan yang diukur.

Moving Average (MA) merupakan metode ekstrapolasi yang didasarkan pada sejumlah data aktual dan hanya sesuai untuk deret waktu yang bersifat stasioner.

MA dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$MA = F_{t+1} = \frac{\sum_{i=1}^{t-N+1} X_t}{N} = \frac{(X_t + X_{t-1} + X_{t-2} + \dots + X_{t-N+1})}{N}$$

Keterangan :

X_t = data permintaan periode t

N = jumlah deret waktu yang digunakan

F_{t+1} = nilai prakiraan periode $t+1$ (berikutnya)

Metode Pemulusan Eksponensial (*Exponential Smoothing*)

Langkah-langkah yang dilakukan dalam metode *Exponential Smoothing* meliputi :

1. Deskripsi data dan plot data volume penumpang selama 5 tahun ke belakang.
2. Melakukan Pendugaan Parameter dengan skala konstanta pemulusan $\alpha=0.1$ $\alpha=0.3$ dan $\alpha=0.5$.
3. Perhitungan kesalahan dengan memperhatikan tingkat kesalahan yang diukur dengan kriteria *MAD*, *MSE*, dan *MAPE*.
4. Evaluasi awal atau Validasi Model, dengan memperhatikan tingkat kesalahan yang diukur.

Menurut Makridakis dan Wheelwright, 1992, *Exponential Smoothing* adalah suatu metode peramalan rata-rata bergerak yang melakukan pembobotan menurun secara *exponential* terhadap nilai – nilai observasi yang lebih tua. Bentuk umum dari metode pemulusan eksponensial adalah:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$$

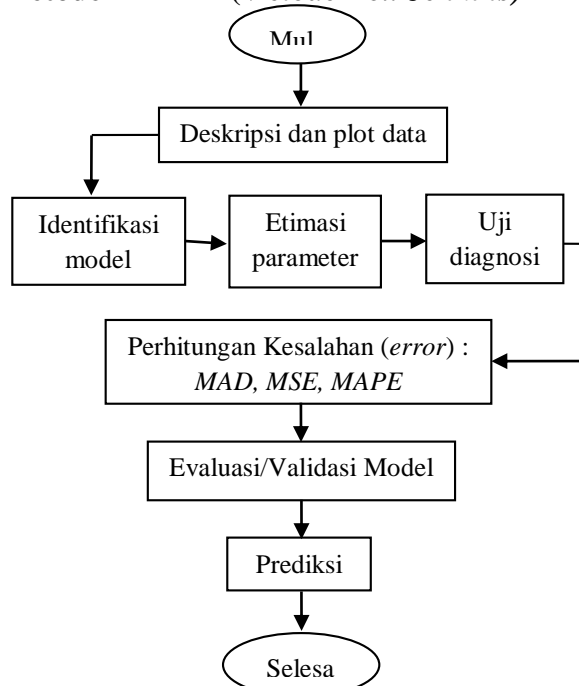
Keterangan : F_t = ramalan untuk periode $t+1$

α = konstanta pemulusan ($0 \leq \alpha \leq 1$)

A_{t-1} = data aktual pada periode terakhir

F_{t-1} = ramalan yang dibuat untuk periode terakhir ($t-1$)

Metode ARIMA (*Metode Box Jenkins*)



Gambar 3. *Flowchart* Tahapan Metode ARIMA

Langkah -langkah yang harus diambil dalam menganalisis data dengan menggunakan teknik Box – Jenkin:

1. Deskripsi dan plot data volume penumpang selama 5 tahun ke belakang
2. Identifikasi Model.
3. Estimasi parameter
4. Uji diagnosis
5. Prediksi

6. Perhitungan kesalahan dengan memperhatikan tingkat kesalahan yang diukur dengan kriteria *MAD*, *MSE*, dan *MAPE* untuk mengetahui metode mana yang paling tepat digunakan, dicari tingkat kesalahan (*error*) yang lebih mendekati nol.
7. Evaluasi awal atau Validasi Model, dengan memperhatikan tingkat kesalahan yang diukur.

Menurut Box, G., G. Jenkins, dan G. Reinsel, 1994) ARIMA (*autoregressive integrated moving average*) dapat diartikan sebagai gabungan dua model, yaitu Model *Autoregresi* (AR) dan *Moving Average* (MA).

Model Auto Regressive (AR)

Model AR menunjukkan nilai prediksi variabel dependen Y_t hanya merupakan fungsi linear dari sejumlah Y_t aktual sebelumnya. Model ini dapat ditulis sebagai berikut :

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + e$$

Dimana :

Y = variabel dependent

Y_{t-1} = periode sebelumnya(Lag) dari Y

Secara umum dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_p Y_{t-p} + e_t$$

Dimana :

Y = variabel dependen

Y_{t-1} Y_{t-2} Y_{t-p} = lag dari Y

e = residual

p = tingkat AR

Model Moving Avarage (MA)

Model MA ini menyatakan bahwa nilai prediksi variabel dependen Y_t hanya dipengaruhi oleh nilai residual sebelumnya, model ini dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

Dimana;

e_t = residual

e_{t-1} = lag tingkat pertama residual

Secara umum dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 e_t - \alpha_2 e_{t-1} - \alpha_3 e_{t-2} - \dots + \alpha_q e_{1-q}$$

α_1 α_2 α_q = parameter yang dapat bersifat positif dan negatif

e_{t-1} e_{t-2} , e_{t-q} = lag dari residual

q = tingkat/orde MA

Uji Stasioner

Data runtut waktu yang stasioner adalah data runtut waktu yang nilai rata-ratanya tidak berubah. Apabila data yang menjadi input dari model ARIMA tidak stasioner, perlu dilakukan modifikasi untuk menghasilkan data yang stasioner. Salah satu cara yang umum dipakai adalah metode pembedaan (*differencing*). Autokorelasi menunjukkan hubungan antara nilai-nilai yang beruntun dari variabel yang sama.

Secara matematis rumus koefisien autokorelasi adalah:

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t+k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}$$

Sedangkan untuk rumus koefisien autokorelasi parsialnya sebagai berikut:

$$\phi_k = \frac{\begin{vmatrix} 1 & r'_1 & r'_2 & \dots & r'_{k-2} & r'_1 \\ r'_1 & 1 & r'_1 & \dots & r'_{k-3} & r'_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ r'_{k-1} & r'_{k-2} & r'_{k-3} & \dots & r'_1 & r'_k \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r'_1 & r'_2 & \dots & r'_{k-2} & r'_{k-1} \\ r'_1 & 1 & r'_1 & \dots & r'_{k-3} & r'_{k-2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ r'_{k-1} & r'_{k-2} & r'_{k-3} & \dots & r'_1 & 1 \end{vmatrix}}$$

Proses Pembedaan (*Differencing*)

Proses ini dilakukan apabila data tidak stasioner yaitu dengan data asli (Y_t) diganti dengan perbedaan pertama data asli tersebut atau dirumuskan sebagai berikut:

$$Y'_t = Y_t - Y_{t-1}$$

Data dari proses pembedaan tersebut digunakan kembali untuk membuat fungsi autokorelasi (*correlogram*)

Uji Kesalahan (*error*) Peramalan

Menurut Hanke & Reitsch (1992), untuk mengevaluasi ketepatan peramalan dapat mengemukakan beberapa metode yaitu :

- Mean Absolute Deviation (MAD)* adalah rata-rata nilai tengah absolute dari kesalahan meramal (tidak dihiraukan tanda positif atau negatifnya). *MAD* dapat dihitung dengan rumus :

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^N |e_t|}{N}$$

- Mean of Squared Error (MSE)* dalah nilai tengah kesalahan kuadrat dari kesalahan meramal. *MSE* dihitung dengan menjumlahkan kuadrat semua kesalahan peramalan pada setiap periode dan membaginya dengan jumlah periode peramalan. *MSE* dapat dihitung dengan rumus :

$$MSE = \sum_{t=1}^N \frac{e_t^2}{N}$$

- Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* merupakan prosentase yang dihitung dari nilai absolut kesalahan dimasing-masing periode dan dibagi dengan jumlah data aktual periode kemudian dicari rata-rata kesalahannya. *MAPE* dihitung dengan rumus :

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^N |PE_t|}{N}$$

Keterangan :

$e_t = X_t - F_t$ (kesalahan pada periode ke - t)

X_t = data aktual pada periode ke - t

F_t = nilai ramalan pada periode ke - t

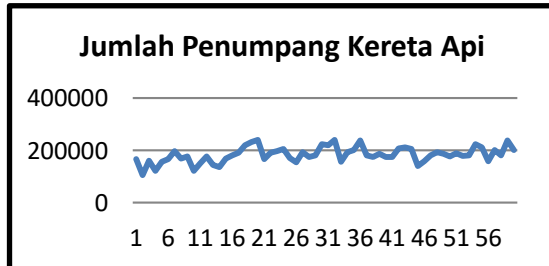
$PE_t = \left(\frac{X_t - F_t}{X_t} \right) \times 100$ (kesalahan persentase pada periode ke - t)

N = banyaknya periode waktu

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif dilakukan dengan tujuan untuk melihat pola data jumlah penumpang kereta api di Stasiun Gambir dari bulan Januari 2007 sampai bulan Desember 2011.



Gambar 5. Grafik Jumlah Penumpang Kereta Api

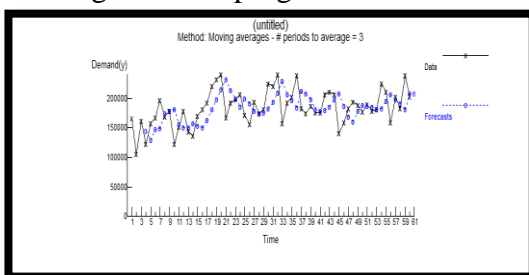
Gambar tersebut membuktikan bahwa jumlah penumpang kereta api di Stasiun Gambir berfluktuasi serta memiliki tren dan musiman.

Analisis Perhitungan Peramalan Dengan Menggunakan Metode *Moving Average* Per 3 Bulan

Perhitungan peramalan volume penumpang kereta api di stasiun gambir untuk menghitung rata-rata bergerak per 3 bulan, pada bulan April 2007 dengan menggunakan *Rumus 10*, maka perhitungannya sebagai berikut:

$$F_{April} = \frac{166.394 + 105.838 + 161.883}{3} = 144.705$$

Berikut ini adalah hasil nilai peramalan dengan menggunakan metode *Moving Average* melalui program *POM for Window*.



Gambar 6. Plot Data dengan Menggunakan Metode *Moving Average*

Evaluasi Kesalahan (*Error*) Metode *Moving Average* Per 3 Bulan

Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi kesalahan (*error*) metode *Moving Average* per 3 bulan melalui program *POM for Window*, didapat nilai *MAD*, *MSE* dan *MAPE* sebagai berikut:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^N |e_t|}{N} = \frac{1.354.678}{57} = 23.766$$

$$MSE = \sum_{t=1}^N \frac{e_t^2}{N} = \frac{51.241.840 .000}{57} = 898.979.600$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{|PE_t|}{N}}{N} = \frac{7.52}{57} = 0,13$$

Analisis Peramalan Menggunakan Metode Pemulusan Eksponensial (*Exponential Smoothing*) dengan Konstanta Pemulusan (*Smoothing Constant*) $\alpha = 0.1$

Perhitungan manual dapat menggunakan *Rumus 16*, maka perhitungannya :

$$F_{t-1} = 105.838$$

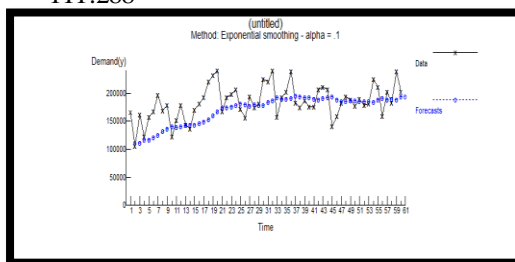
$$\alpha = 0,1$$

$$A_{t-1} = 166.394$$

$$\begin{aligned} F_t &= F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \\ &= 105.838 + 0,1(166.394 - 105.838) \\ &= 111.894 \end{aligned}$$

Perhitungan periode selanjutnya menggunakan *Rumus 15*, misalnya menghitung periode bulan ke-3 yaitu bulan Maret tahun 2007, diketahui $Y_t = 105.838$, dan $S_{t-1} = F_t = 111.894$ maka ;

$$\begin{aligned} S_t &= \alpha y_t + (1 - \alpha)S_{t-1} \\ &= (0,1)(105.838) + (1 - 0,1)111.894 \\ &= 111.288 \end{aligned}$$



Gambar 7. Plot Data dengan Metode *Exponential Smoothing* dengan Konstanta $\alpha = 0.1$

Dari plot data Gambar 7, terlihat mulai menghilangkan sifat fluktuasi dari plot data aktual, dengan sifat pola acak atau fluktuasi terlihat menghilang.

Evaluasi Kesalahan (*Error*) Metode *Exponential Smoothing* dengan Konstanta Pemulusan $\alpha = 0.1$

Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi kesalahan (*error*) metoda pemulusan eksponensial dengan Konstanta Pemulusan $\alpha = 0.1$, didapat nilai *MAD*, *MSE* dan *MAPE* sebagai berikut:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^N |e_t|}{N} = \frac{1.479.497}{59} = 25.076$$

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^N e_t^2}{N} = \frac{600.776.850.000}{59} = 1.018.252.000$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{|PE_t|}{N}}{N} = \frac{7.84}{59} = 0,13$$

Analisis Peramalan Menggunakan Metode Pemulusan Eksponensial (*Exponential Smoothing*) dengan Konstanta Pemulusan (*Smoothing Constant*) $\alpha = 0.3$

Perhitungan manual dapat menggunakan *Rumus 16*, maka perhitungannya :

$$F_{t-1} = 105.838$$

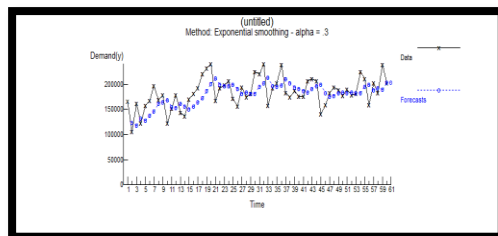
$$\alpha = 0,3$$

$$A_{t-1} = 166.394$$

$$\begin{aligned} F_t &= F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \\ &= 105.838 + 0,3 (166.394 - 105.838) \\ &= 124.005 \end{aligned}$$

Perhitungan periode selanjutnya menggunakan *Rumus 15*, misalnya menghitung periode bulan ke-3 yaitu bulan Maret tahun 2007, diketahui $Y_t = 105.838$, dan $S_{t-1} = F_t = 124.005$ maka ;

$$\begin{aligned} S_t &= \alpha y_t + (1 - \alpha)S_{t-1} \\ &= (0,3)(105.838) + (1 - 0,3)124.005 \\ &= 118.555 \end{aligned}$$



Gambar 8. Plot Data dengan Metode *Exponential Smoothing* pada Konstanta $\alpha = 0.3$

Evaluasi Kesalahan (*Error*) Metoda *Exponential Smoothing* dengan Konstanta Pemulusan $\alpha = 0.3$

Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi kesalahan (*error*) metoda pemulusan eksponensial dengan Konstanta Pemulusan $\alpha = 0.3$, didapat nilai *MAD*, *MSE* dan *MAPE* sebagai berikut:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^N |e_t|}{N} = \frac{1.335.547}{59} = 22.636$$

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^N e_t^2}{N} = \frac{45.558.780.000}{59} = 772.182.800$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{|PE_t|}{N}}{N} = \frac{7.42}{59} = 0,13$$

Analisis Peramalan Menggunakan Metode Pemulusan Eksponensial (*Exponential Smoothing*) dengan Konstanta Pemulusan (*Smoothing Constant*) $\alpha = 0.5$

Perhitungan manual dapat menggunakan *Rumus 16*, maka perhitungannya

:

$$F_{t-1} = 105.838$$

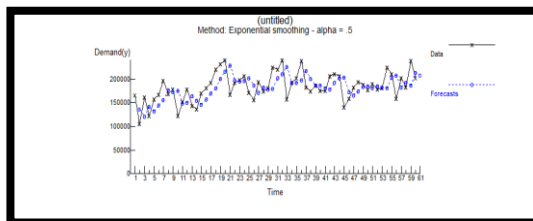
$$\alpha = 0,5$$

$$A_{t-1} = 166.394$$

$$\begin{aligned} F_t &= F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \\ &= 105.838 + 0,5 (166.394 - 105.838) \\ &= 136.116 \end{aligned}$$

Perhitungan periode selanjutnya menggunakan *Rumus 15*, misalnya menghitung periode bulan ke-3 (Februari), diketahui $Y_t=105.838$, dan $S_{t-1}=F_t = 136.116$ maka ;

$$\begin{aligned} S_t &= \alpha y_t + (1 - \alpha)S_{t-1} \\ &= (0,5)(105.838) + (1 - 0,5)136.116 \\ &= 120.977 \end{aligned}$$



Gambar 9. Plot Data dengan Metode *Exponential Smoothing* pada Konstanta $\alpha = 0.5$

Evaluasi Kesalahan (*Error*) Metode *Exponential Smoothing* dengan Konstanta Pemulusan $\alpha = 0.5$

Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi kesalahan (*error*) metoda pemulusan eksponensial dengan Konstanta Pemulusan $\alpha = 0.5$, didapat nilai *MAD*, *MSE* dan *MAPE* sebagai berikut:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^N |e_t|}{N} = \frac{1.329.478}{59} = 22.534$$

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^N e_t^2}{N} = \frac{46.866.850.000}{59} = 794.353.400$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{|PE_t|}{N}}{N} = \frac{7.55}{0.13} = 0,13$$

Dari hasil perhitungan Metode *Moving Average* dan Metode *Exponential Smoothing*, untuk *MAD* jumlah penumpang kereta api di Stasiun Gambir diatas dengan konstanta pemulusan $\alpha = 0,1$ adalah sebesar 25.076, dengan konstanta pemulusan $\alpha = 0,3$ adalah sebesar 22.636 dan dengan konstanta pemulusan $\alpha = 0,5$ adalah sebesar 22.534 untuk nilai *MSE* dengan konstanta pemulusan $\alpha = 0,1$ adalah sebesar 1.018.252.000, dengan konstanta pemulusan $\alpha = 0,3$ sebesar 772.182.800 dan dengan konstanta pemulusan $\alpha = 0,5$ adalah sebesar 794.353.400 sedangkan untuk nilai *MAPE* dengan konstanta pemulusan $\alpha = 0,1$ $\alpha = 0,3$ dan $\alpha = 0,5$ adalah sebesar 0.13.

Analisis Peramalan Menggunakan Metode Arima (*Metode Box Jenkins*)

Metode ARIMA (*autoregressive integrated moving average*) adalah Metode gabungan dua model, yaitu Model *Autoregresi* (AR) dan *Moving Average* (MA).

Uji Stasioneritas

Uji stasioneritas ini dapat dilakukan dengan proses autokorelasi untuk mengetahui data tersebut data yang stasioner atau tidak stasioner dengan cara menghitung koefisien autokorelasi dari *time-lag* ke 1 sampai dengan *time-lag* ke 15. Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan Rumus 22, maka perhitungannya :

$$\bullet \text{ Time-lag ke 1}$$

$$r_1 = \frac{(Y_1 - \bar{Y})(Y_2 - \bar{Y}) + (Y_2 - \bar{Y})(Y_3 - \bar{Y}) + \dots + (Y_{47} - \bar{Y})(Y_{60} - \bar{Y})}{(Y_1 - \bar{Y})^2 + (Y_2 - \bar{Y})^2 + \dots + (Y_{60} - \bar{Y})^2}$$

$$r_1 = \frac{(166.394 - 184.177)(105.838 - 184.177) + (161.883 - 184.177)(122.004 - 184.177) + \dots + (238.624 - 184.177)(202.624 - 184.177)}{(166.394 - 184.177)^2 + (105.838 - 184.177)^2 + \dots + (202.624 - 184.177)^2}$$

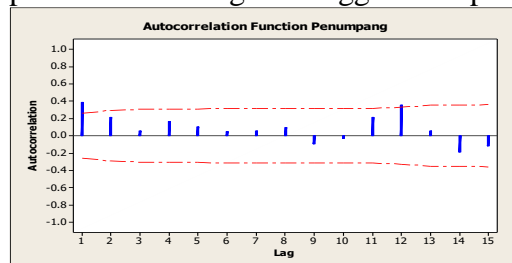
$$r_1 = \frac{20.175.596.809}{51.973.538.085} r_1 = 0,388190$$

Berdasarkan hasil perhitungan koefisien autokorelasi dari *time-lag* ke 1 sampai dengan *time-lag* ke 15 dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Koefisien Autokorelasi (r_k)

Time-Lag	ACF (r_k)
1	0.38819
2	0.209431
3	0.054549
4	0.169241
5	0.105871
6	0.043816
7	0.058842
8	0.091721
9	-0.09213
10	-0.03431
11	0.211408
12	0.357808
13	0.052279
14	-0.18901
15	-0.11606

Gambar 10, menunjukkan distribusi hasil perhitungan koefisien autokorelasi pada Tabel 2 dengan menggunakan program MINITAB.



Gambar 10. Distribusi Koefisien Autokorelasi

Selanjutnya dilakukan perhitung koefisien autokorelasi parsial, perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan Rumus 23, maka perhitungannya :

$$\phi_1 = r'_1 = 0,388190$$

$$\phi_2 = \frac{\begin{vmatrix} 1 & r'_1 \\ r'_1 & r'_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r'_1 \\ r'_1 & 1 \end{vmatrix}} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & 0,388190 \\ 0,388190 & 0,209431 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & 0,388190 \\ 0,388190 & 1 \end{vmatrix}} = 0,069161$$

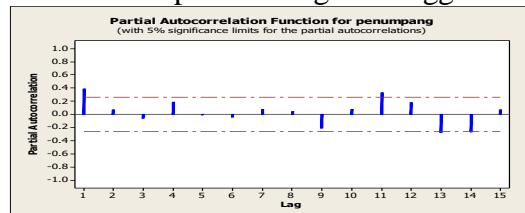
$$\phi_3 = \frac{\begin{vmatrix} 1 & r'_{11} & r'_{12} \\ r'_{11} & 1 & r'_{22} \\ r'_{22} & r'_{12} & r'_{33} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r'_{11} & r'_{12} \\ r'_{11} & 1 & r'_{11} \\ r'_{22} & r'_{11} & 1 \end{vmatrix}} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & 0,388190 & 0,388190 \\ 0,388190 & 1 & 0,209431 \\ 0,209431 & 0,388190 & 0,054549 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & 0,388190 & 0,209431 \\ 0,388190 & 1 & 0,388190 \\ 0,209431 & 0,388190 & 1 \end{vmatrix}} = -0,056759$$

dan seterusnya sampai ϕ_{15} . Hasil lengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Koefisien Autokorelasi Parsial Hasil Pembedaan Pertama

Time-lag	koefisien autokorelasi parsial
1	0,388190
2	0,069161
3	-0,056759
4	0,181086
5	-0,007667
6	-0,045699
7	0,074956
8	0,041746
9	-0,212230
10	0,076621
11	0,322429
12	0,175077
13	-0,277705
14	-0,265466
15	0,064547

Pada Gambar 11 menunjukkan distribusi hasil perhitungan koefisien autokorelasi parsial dengan menggunakan program MINITAB.



Gambar 11. Distribusi Koefisien Autokorelasi Parsial

Selanjutnya hasil fungsi autokorelasi dan fungsi autokorelasi parsial akan digunakan untuk menaksirkan nilai dari parameter p dan q, sedangkan untuk nilai d, dilihat dari *orde Differencing*. Disini kita akan melakukan pengujian ARIMA (1,1,1) yaitu:

$$Y_t = \mu + Y_{t-1} + \phi(Y_{t-1} - Y_{t-2}) - \theta e_{t-1}$$

Estimasi Patameter dengan Menghitung Koefisien μ , ϕ , dan θ

Menghitung koefisien μ , ϕ , dan θ untuk menentukan persamaan ARIMA(1,1,1), μ disini adalah konstanta, ϕ adalah koefisien dari *autoregressive*, sedangkan θ adalah koefisien *moving average*.

Tabel dibawah ini menunjukkan hasil perhitungan koefisien μ , ϕ , dan θ untuk menentukan persamaan ARIMA (1,1,1) yang diperoleh dengan menggunakan program MINITAB.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Nilai μ , ϕ dan θ

Final Estimates of Parameters				
Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	0.2691	0.1409	1.91	0.061
MA 1	0.9580	0.0645	14.84	0.000
Constant	506.5	191.0	2.65	0.010

Dapat dilihat pada Tabel 4, bahwa hasil perhitungan koefisien μ , ϕ , dan θ sebagai berikut:

$$\mu = 506,5$$

$$\phi = 0,2691$$

$$\theta = 0,9580$$

Persamaan umun untuk model ARIMA (1,1,1)

$$Y_t = \mu + Y_{t-1} + \phi(Y_{t-1} - Y_{t-2}) - \theta e_{t-1}$$

Jadi persamaan ARIMA (1,1,1) untuk meramalkan jumlah volume penumpang Kereta Api di Stasiun Gambir yaitu:

$$Y'_t = 506,5 + Y_{t-1} + 0,2691(Y_{t-1} - Y_{t-2}) - 0,9580e_{t-1}$$

Dimana:

Y'_t = banyaknya jumlah penumpang yang akan diramalkan pada waktu ke-t

Y_{t-1} = jumlah penumpang satu bulan sebelum t

Y_{t-2} = jumlah penumpang dua bulan sebelum t

e_{t-1} = kesalahan peramalan satu bulan sebelum t

Evaluasi Kesalahan (Error) Metode ARIMA (1,1,1)

Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi kesalahan (*error*) metode ARIMA (1,1,1), didapat nilai *MAD*, *MSE* dan *MAPE* sebagai berikut:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^N |e_t|}{N} = \frac{1.258.397}{59} = 21.511$$

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^N e_t^2}{N} = \frac{41.616.799.405}{59} = 707.338.750$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^N |PE_t|}{N} = \frac{7.26}{59} = 0,12$$

Dari hasil perhitungan MAD, MSE dan MAPE jumlah penumpang kereta api di Stasiun Gambir diatas dengan menggunakan metoda ARIMA adalah MAD sebesar 21.511, MSE sebesar 707.338.750 dan untuk nilai MAPE sebesar 0.12.

Hasil Perbandingan Peramalan Menggunakan Metode *Moving Average*, Metode *Exponensial Smoothing* dan Metoda Arima

Setelah dilakukan perhitungan jumlah volume penumpang kereta api di Stasiun Gambir, dengan menggunakan tiga metode yaitu metode *Moving average*, *Exponential Smoothing* dan ARIMA, maka selanjutnya akan di lihat perbandingan model yang paling tepat dengan melihat nilai MAD, MSE dan MAPE yang paling kecil. Tabel di bawah ini akan memperlihatkan perbandingan dari ketiga metode peramalan untuk meramalkan jumlah volume penumpang kereta api di Stasiun Gambir.

Tabel 5. Hasil Perbandingan MAD, MSE dan MAPE Tiga Metode

Evaluasi Kesalahan (error)	Metoda				
	Moving Average	Exponential Smoothing			ARIMA
		$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.5$	
MAD	23.766	25.076	22.636	22.534	21.511
MSE	898.979.600	1.018.252.000	772.182.800	794.353.400	707.338.750
MAPE	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12

Pada Tabel 5, terlihat bahwa nilai *mean absolute deviasi* (MAD), *Mean of Squared Error* (MSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dari tiga metode untuk peramalan jumlah penumpang kereta api di stasiun gambir. Hasil perhitungan Evaluasi kesalahan (error) dari tiga metode terlihat bahwa nilai MAD, MSE dan MAPE yang paling terkecil terlihat pada metode ARIMA (1,1,1), maka metode yang paling tepat digunakan untuk meramalkan jumlah penumpang kereta api di stasiun gambir adalah metode ARIMA, selanjutnya dengan metode

ARIMA (1,1,1) akan meramalkan jumlah volume penumpang kereta api di Stasiun Gambir pada tahun 2012.

Tabel 11. Hasil Perhitungan Peramalan Jumlah Penumpang pada Tahun 2012 dengan Menggunakan Metode ARIMA (1,1,1)

Bulan	Volume Penumpang Kereta Api Tahun 2012			
	Penumpang	MAD	MSE	MAPE
January	178196	24428	596727184	0,13709
February	172129	6067	36808489	0,03525
March	171003	1126	1267876	0,06585
TOTALS	521328	31621	634803549	0,23818
AVERAGE	173776	10540	211601183	0,13
		(MAD)	(MSE)	(MAPE)

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan jumlah penumpang kereta api di Stasiun Gambir pada tahun 2012 dengan menggunakan metode ARIMA (1,1,1) diperkirakan pada bulan Januari sebesar 178.196 orang, nilai pada bulan Februari sebesar 172.129 orang dan pada

bulan Maret sebesar 171.003 orang, diperoleh nilai *MAD* sebesar 10.540, nilai *MSE* sebesar 7211.601.183 dan nilai *MAPE* sebesar 0,13.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan metode *moving average*, *exponential smoothing* dan ARIMA, menunjukkan bahwa nilai MAD, MSE dan MAPE yang paling terkecil diperoleh dari metode ARIMA (1,1,1) sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa metode yang paling tepat digunakan untuk meramalkan jumlah penumpang kereta api di Stasiun Gambir adalah metode ARIMA (*Box Jenkins*).
2. Hasil peramalan jumlah penumpang kereta api di Stasiun Gambir pada tahun 2012 dengan menggunakan metode ARIMA (1,1,1), pada bulan Januari sebesar 178.196 orang, Februari sebesar 172.129 orang dan Maret sebesar 171.003 orang.

Saran

1. Dalam meramal perlu menggunakan beberapa metode alternatif sesuai dengan fluktuasi data, sehingga dalam pemilihan metode peramalan yang tepat bisa meminimalkan kesalahan peramalan.
2. Untuk meramalkan jumlah volume penumpang kereta api sebaiknya menggunakan metode ARIMA.
3. Berdasarkan hasil peramalan jumlah penumpang kereta api tahun 2012 menurun dibandingkan tahun 2011, maka perlu diadakan evaluasi harga tiket kereta api, fasilitas kereta api dan promosi yang menarik agar jumlah penumpang kereta api meningkat kembali.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penulisan laporan ini, penulis mengalami banyak kesulitan. Namun, penulis mampu melewatinya berkat bantuan dari beberapa pihak. Untuk itu penulis menuliskan terimakasih banyak kepada semua pihak, khususnya pihak Perusahaan Jasa Transportasi di bagian Pemasaran Penumpang PT. Kereta Api

Indonesia Jakarta yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian di Stasiun Gambir PT. Kereta Api Indonesia sehingga penelitian ini bisa terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aritonang R. 2002. Peramalan Bisnis. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Arsyad, Lincoln. 1995. Peramalan Bisnis. Ghalia Indonesia. Jakarta
- Box, G., G. Jenkins, and G. Reinsel. 1994. *Time series Analysis Forecasting and Control*. Third Edition. Holden-Day. San Fransisco.
- Gaspersz, V. 2005. *Production Planning and Inventory Control*. PT. Gramedia. Jakarta.
- Hanke, J.E. & A.G. Reitsch. 1992. *Business forecasting*. Ed. Ke-4 Allyn Bacon, Needham Heights, MA.
- Istiqomah. 2006. Aplikasi model ARIMA untuk *Forecasting* Produksi Gula Pada Pt. Perkebunan Nusantara Ix (Persero). *Skripsi*. Jurusan Matematika FMIPA UNS. Semarang.
- Makridakis S., S.C., Wheelwright & S.C. Mc Gee. 1992. *Forecasting Methods dan Applications*. Edisi ke-2. John Wiley & Sons. New York.
- Subagyo, P. 1996. *Forecasting Konsep dan Aplikasi*. BPFE. Yogyakarta.
- Winarsih, G. 2007. Perbandingan Keefektifan Metoda *Moving Averages*, Metoda *Deseasonalizing* dan Metoda *Exponential Smoothing* Untuk *Forecasting* Banyaknya Pengunjung Pada Objek Wisata Grojogan Sewu Karanganyar. *Skripsi*. Jurusan Matematika FMIPA UNS. Semarang.