

# PERBANDINGAN METODE *DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING BROWN* DAN *HOLT* DALAM MERAMALKAN KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK SEKTOR BISNIS (Studi Kasus: PT. PLN (PERSERO) ULP Manokwari Kota)

Prita Larasati<sup>1</sup>, Esther Ria Matulesy<sup>1\*</sup>, Nurhaida<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Matematika dan Statistika, FMIPA, Universitas Papua, Manokwari, 98314, Indonesia

Jalan Gunung Salju Amban, Manokwari

[pritalarasati01@gmail.com](mailto:pritalarasati01@gmail.com), [e.matulesy@unipa.ac.id](mailto:e.matulesy@unipa.ac.id), [n.nurhaida@unipa.ac.id](mailto:n.nurhaida@unipa.ac.id)

## ABSTRACT:

*Electric energy forecasting for the business sector is one of the solutions made to predict the need for electrical energy, especially the business sector, which is increasing every period. The purpose of this research is to forecast the electrical energy demand of the business sector to predict events that will occur in the future using mathematical models to minimize unwanted risks. Based on the data plot in the form of a linear trend and the research objectives, a comparison of the Brown and Holt double exponential smoothing methods is used in forecasting the electrical energy demand of the Manokwari City business sector to obtain the best model for the period August 2023 to July is 2024. The result of this study is to compare the best model obtained from the two models, namely Holt's double exponential smoothing with a forecasting model  $F_{115+m} = 3.107.663,08 + 3.946,99(m)$  using parameters  $\alpha = 0,6$  and  $\beta = 0,1$  with MAD value of 107.316,93, MSE value of 19.880.296.953,93, and MAPE value of 4.19%.*

**Keywords:** *Electricity, Forecasting, Double Exponential Smoothing, Brown, Holt*

## PENDAHULUAN

Manusia sangat membutuhkan listrik untuk memenuhi segala kebutuhan dan keberlangsungan hidupnya, yaitu termasuk dalam hal rumah tangga maupun dalam hal bisnis. Salah satu masalah yang muncul adalah bagaimana menyalurkan energi listrik kepada konsumen dengan frekuensi dan tegangan yang konstan. Komponen beban sistem lainnya menyerap daya aktif dan reaktif, yang tidak dapat diatur karena bergantung pada permintaan pelanggan (Ibadillah *et al.*, 2021).

Umumnya arus listrik dibangkitkan dengan alat generator, yang lazim dijumpai di stasiun pembangkit Listrik (Holland, 2007). Perseroan Terbatas yang dikenal dengan nama Perusahaan Listrik Negara

yaitu PT. PLN (Persero), adalah sebuah lembaga yang dimiliki oleh Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bertanggung jawab dalam hal memenuhi kebutuhan tenaga listrik bagi kepentingan umum. Produk listrik ini ditunjukkan kepada seluruh masyarakat Indonesia dalam beberapa sektor seperti pelanggan industri, rumah tangga, bisnis, dan lainnya (PLN, 2021). Ibadillah *et al.*, (2021), menyebutkan kebutuhan energi listrik di Indonesia semakin meningkat, seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan ekonomi. Kota Manokwari, merupakan ibu kota di Provinsi Papua Barat yang telah berkembang sangat pesat dengan berkembangnya infrastruktur pelabuhan, perkantoran, gedung pemerintahan yang

termasuk perumahan dan kawasan bisnis (Menteri ESDM RI, 2021).

Menurut Assauri (1984), setiap strategi atau strategi keuangan suatu perusahaan tidak akan lepas dari upaya meningkatkan hasil perusahaan demi mencapai tujuan di masa yang akan datang. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan dan mempelajari apa yang sedang terjadi dan kondisi yang ada saat menjalankan sebuah strategi. Proses mempertimbangkan dan mempelajari kondisi dan situasi tersebut tidak dapat dipisahkan dari kegiatan peramalan. Peramalan adalah suatu upaya untuk meramalkan atau memprediksi apa yang nantinya akan terjadi di masa depan. Hal ini bisa dilakukan dengan menggunakan data-data historis yang tersedia kemudian didapatkan model matematika yang nantinya digunakan untuk meramalkan masa depan. Makridakis *et al.*, (2020), menyebutkan metode-metode peramalan yang tersedia pada pemodelan *time series* yaitu rata-rata bergerak atau *moving average*, *exponential smoothing*, dan Box-Jenkins (ARIMA).

Berdasarkan Makridakis *et al.*, (2020), metode *exponential smoothing* yaitu metode pemberian bobot yang menurun secara eksponensial pada nilai-nilai observasi sebelumnya. Jika pola data menunjukkan perubahan yang meningkat atau menurun, maka dapat menggunakan *double exponential smoothing*, contohnya pada *double exponential smoothing* satu parameter Brown dan *double exponential smoothing* dua parameter oleh Holt. Kelebihan kedua metode tersebut adalah bahwa keduanya menggunakan parameter yang lebih sedikit dan membuat pengolahan data menjadi lebih mudah, jika data yang digunakan bersifat non stasioner kedua metode tersebut tidak memerlukan adanya transformasi data dan keduanya tidak memerlukan analisis autoregresi pada proses peramalannya. Kelemahan kedua metode tersebut adalah tidak dapat menangani data yang stasioner dan yang mempunyai pola musiman.

Penelitian yang terkait dengan metode tersebut dalam meramalkan kebutuhan energi listrik telah dilakukan, seperti pada penelitian Septiyanor *et al.*, (2021), hasil yang diperoleh dari peramalan data konsumsi listrik di Kota Samarinda menggunakan metode *double exponential smoothing* Brown dengan nilai  $\alpha = 0,7883$  dan nilai MAPE sebesar 0,0843%, sedangkan menggunakan metode *double exponential smoothing* Holt memperoleh nilai  $\alpha = 0,7955$  dan  $\beta = 0,5379$  dengan nilai MAPE sebesar 0,0659%. Dapat disimpulkan metode *double exponential smoothing* Holt adalah yang paling cocok untuk meramalkan data konsumsi listrik Kota Samarinda karena kesalahan pengukuran peramalannya lebih kecil daripada metode *double exponential smoothing* Brown. Adapun pada penelitian Rahmansyah *et al.*, (2021), yaitu peramalan dengan menggunakan *double exponential smoothing* Brown di PT. PLN (Persero) Area Lhokseumawe didapatkan  $\alpha = 0,35$  dengan nilai MAPE sebesar 4,11%. Selain itu ada juga penelitian Tarigan & Sitompul (2023), dalam memperkirakan jumlah kebutuhan energi listrik di PT. PLN (Persero) Wilayah Sumut dengan menggunakan metode *double exponential smoothing* Holt diperoleh apabila semakin tinggi nilai  $\alpha$  yaitu  $\alpha = 0,99$  dan semakin rendah nilai  $\beta$  yaitu  $\beta = 0,1$ , maka semakin rendah juga nilai MAPE-nya yaitu sebesar 2,0372%. Sehingga hasil peramalan untuk tahun 2022 sampai 2030 diperoleh bahwa untuk setiap periodenya mengalami peningkatan berturut-turut.

Berdasarkan uraian sebelumnya, uji awal dari pengamatan plot *time series* mempunyai pola data *trend* linier, dan seiring pesatnya perkembangan pembangunan yang ada di Kabupaten Manokwari maka akan berdampak pada tingginya kebutuhan energi listrik terutama dalam segi ekonomi, sehingga penulis merasa perlunya melakukan penelitian berjudul “Perbandingan Metode *Double Exponential*

*Smoothing* Brown dan Holt dalam Mera-  
malikan Kebutuhan Energi Listrik Sektor  
Bisnis (Studi Kasus: PT. PLN (PERSERO)  
ULP Manokwari Kota)”, sehingga mem-  
peroleh hasil serta membandingkan hasil  
peramalan untuk mengetahui metode yang  
lebih akurat dan yang akan digunakan da-  
lam peramalan kebutuhan energi listrik  
pada sektor bisnis di Manokwari Kota.

### METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium  
dan Ruang Baca Jurusan Matematika dan  
Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu  
Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas  
Papua (UNIPA) di Manokwari. Data yang  
digunakan adalah data sekunder, yaitu data  
bulanan pemakaian listrik sektor bisnis  
yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) ULP  
Manokwari Kota pada laporan penjualan  
tenaga listrik perbulan sebanyak 115 data  
terhitung sejak periode Januari 2014 sampai  
dengan Juli 2023. Sedangkan data yang  
akan diramalkan yaitu sebanyak 12 periode  
terhitung sejak Agustus 2023 sampai  
dengan Juni 2024. Data yang diperoleh  
diolah dengan menggunakan aplikasi  
*Microsoft Office Excel* untuk menginput  
data serta aplikasi R Studio untuk  
mempermudah perhitungan yang akan  
dikerjakan pada penelitian ini. Selanjutnya  
hasil dari peramalan diinterpretasikan  
secara deskriptif yaitu berupa grafik dan  
tabel. Tahapan prosedur penelitian ini  
adalah sebagai berikut:

1. Membuat plot *time series* data aktual un-  
tuk melihat pola data *trend*,  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$   
dimana  $n$  adalah banyaknya jumlah data,  
 $n = 115$ .
2. Melakukan analisis *trend* linier. Berikut  
langkah-langkah dalam menentukan  
model *trend* linier:
  - a. Menghitung nilai dugaan dari parameter  
kemiringan (*slope*) ( $b$ ) menggunakan  
persamaan:
 
$$b = \frac{n(\sum_{i=1}^n x_i Y_i) - (\sum_{i=1}^n Y_i)(\sum_{i=1}^n x_i)}{n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2},$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n$$

- b. Menghitung nilai dugaan dari parameter  
intersep ( $a$ ) menggunakan persamaan:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n},$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n$$

- c. Menentukan nilai dugaan dari variabel  
*dependent* menggunakan persamaan  
model:

$$\hat{Y}_i = a + bx_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

- d. Menghitung nilai ukuran kebaikan  
model menggunakan persamaan:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |Y_t - F_t|}{n}$$

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2}{n}$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right|}{n} \times 100\%$$

Pada kriteria nilai MAPE, dapat  
digunakan untuk menilai berbagai jenis  
model peramalan dan menampilkan hasil  
perhitungan dalam bentuk presentase.  
Adapun jika nilai MAPE < 10% maka  
termasuk dalam kriteria model sangat  
baik, 10% – 20% termasuk dalam  
kriteria baik, 20% – 50% termasuk  
dalam kriteria cukup, dan > 50%  
termasuk dalam kriteria buruk.

3. Melakukan penentuan model *double ex-  
ponential smoothing* Brown, dengan  $t$   
merupakan periode waktu dan  $Y$  merupa-  
kan data aktual. Adapun langkah-  
langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan besarnya nilai parameter  $\alpha$   
yang digunakan sebagai konstanta yaitu  
antara 0 dan 1,  $\alpha = \{0,1, 0,2, 0,3, \dots,$   
 $0,9\}$ .

- b. Menetapkan nilai  $S'_1 = Y_1$  dan  $S''_1 = Y_1$   
untuk semua nilai parameter  $\alpha$ .  
Kemudian dapat dilanjutkan dengan  
menghitung persamaan-persamaan se-  
lanjutnya dimulai pada saat  $t = 2$ .

- c. Menghitung nilai *smoothing* pertama  
( $S'_t$ ) menggunakan persamaan:

$$S'_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)S'_{t-1}$$

- d. Menghitung nilai *smoothing* kedua  
( $S''_t$ ) menggunakan persamaan:

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1}$$

- e. Menghitung konstanta nilai pemulusan  
*level* ( $a_t$ ) menggunakan persamaan:

$$a_t = S'_t + (S'_t - S''_t) = 2S'_t - S''_t$$

f. Menghitung konstanta nilai pemulusan *trend* ( $b_t$ ) menggunakan persamaan:

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_t - S''_t)$$

g. Menghitung nilai prediksi ( $F_{t+m}$ ) dengan nilai  $m = 1$  menggunakan persamaan:

$$F_{t+m} = a_t + b_t(m)$$

h. Menentukan model terbaik menggunakan metode *double exponential smoothing* Brown dengan mempertimbangkan nilai terkecil dari MAD, MSE, dan MAPE.

4. Melakukan penentuan model *double exponential smoothing* Holt, dengan  $t$  merupakan periode waktu dan  $Y$  merupakan data aktual. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

a. Menentukan nilai parameter  $\alpha$  dan  $\beta$  yang digunakan sebagai konstanta yaitu antara 0 dan 1,  $\alpha = \{0,1, 0,2, 0,3, \dots, 0,9\}$  dan  $\beta = \{0,1, 0,2, 0,3, \dots, 0,9\}$ .

b. Menetapkan nilai  $S_1 = Y_1$  dan  $b_1 = Y_2 - Y_1$  untuk semua nilai parameter  $\alpha$  dan  $\beta$ . Kemudian dapat dilanjutkan dengan menghitung persamaan-persamaan selanjutnya dimulai pada saat  $t = 2$

c. Menghitung nilai pemulusan data asli (keseluruhan) ( $S_t$ ) menggunakan persamaan:

$$S_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1})$$

d. Menghitung pemulusan pola *trend* ( $b_t$ ) menggunakan persamaan:

$$b_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

e. Menghitung nilai peramalan ( $F_{t+m}$ ) dengan nilai  $m = 1$  menggunakan persamaan:

$$F_{t+m} = S_t + b_t(m)$$

f. Menentukan model terbaik menggunakan metode *double exponential smoothing* Holt dengan mempertimbangkan nilai terkecil dari MAD, MSE, dan MAPE.

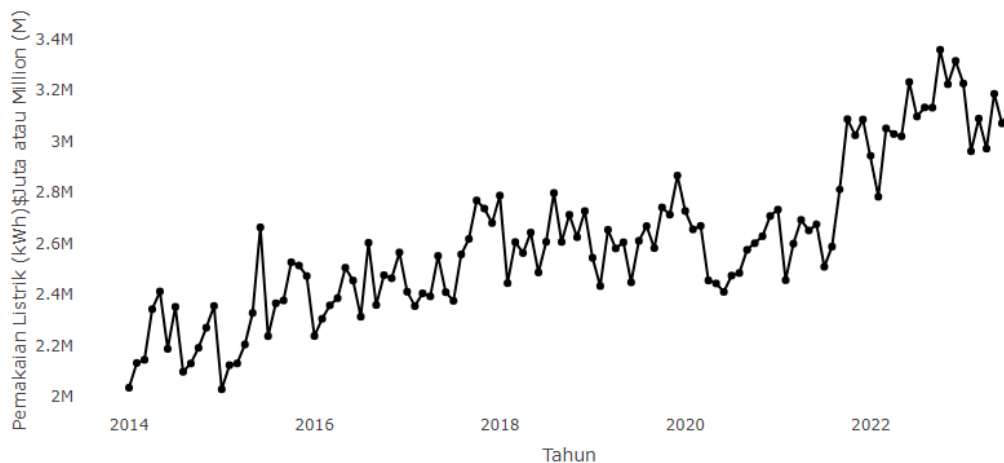
5. Membandingkan nilai terkecil dari MAD, MSE, dan MAPE pada model terbaik yang telah didapatkan dari kedua metode tersebut.

6. Melakukan peramalan kebutuhan energi listrik sektor bisnis pada Bulan Agustus 2023 sampai dengan Bulan Juli 2024 dengan  $F_{115+m}$ ,  $m = \{1, 2, 3, \dots, 12\}$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Identifikasi Data Listrik Sektor Bisnis

Keseluruhan data yang diperoleh dan yang kemudian diolah yaitu data bulanan jumlah pemakaian listrik sektor bisnis di PT. PLN (Persero) ULP Manokwari Kota pada Bulan Januari 2014 sampai dengan Bulan Juli 2023. Berikut ini merupakan data jumlah pemakaian sektor bisnis di PT. PLN Persero ULP Manokwari Kota yang disajikan dalam bentuk data deret waktu atau plot *time series*, menggunakan sumbu  $Y$  sebagai variabel data aktual dan sumbu  $X$  sebagai variabel periode waktu dapat dilihat pada Gambar 1.



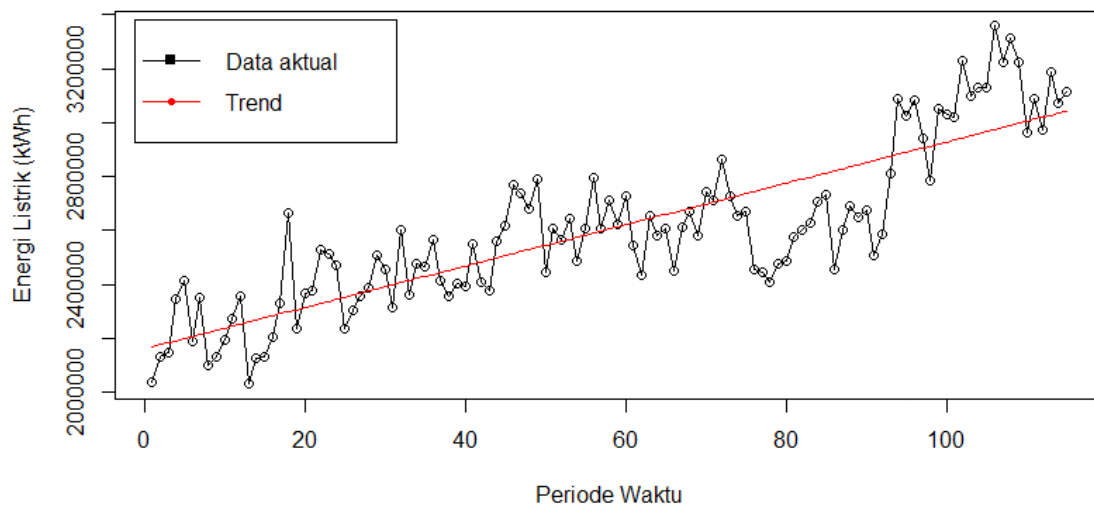
Gambar 1. Plot *Time Series* Pemakaian Energi Listrik Sektor Bisnis di PT. PLN (Persero) ULP Manokwari Kota

Berdasarkan Gambar 1 pada data jumlah pemakaian listrik (kWh) sektor bisnis mengalami flutuasi periodik membentuk pola data yang *trend* yaitu data cenderung mengalami kenaikan dalam jangka waktu yang panjang dimulai dari Bulan Januari 2014 sampai dengan Bulan Juli 2023. Pada plot tersebut terlihat data terendah terjadi pada periode Januari 2015 yaitu 2.029.018 kWh dan tertinggi pada periode Mei 2022 yaitu 3.358.505 kWh. Total pengamatan jumlah pemakaian listrik sektor bisnis

sebanyak 115 periode dengan rata-rata sebesar 2.605.529 kWh.

1. Analisis *Trend* Linier

Metode kuadrat terkecil dari data energi listrik sektor bisnis Manokwari Kota terhadap pendugaan  $a$  dan  $b$ , diperoleh model persamaan  $Y_i = 2.159.931,35 + 7.682,72x_i$ . Berdasarkan model tersebut, persamaan model *trend* linier energi listrik sektor bisnis Manokwari Kota jika dibuat garis *trend* linier dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Analisis *Trend* Linier Energi Listrik Sektor Bisnis Manokwari Kota Periode Januari 2014-Juli 2023

Dari Gambar 2 terlihat bahwa data energi listrik sektor bisnis Manokwari Kota mengalami flukuasi periodik dengan panjang garis *trend* pada model *trend* linier yang konstan naik ditunjukkan pada garis merah. Hal ini menunjukkan adanya unsur

*trend* pada data yang menyebabkan data aktual cukup berflukuasi disekitar garis *trend*. Adapun perhitungan hasil MAD, MSE, dan MAPE menggunakan metode analisis *trend* linier disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil MAD, MSE, dan MAPE Berdasarkan Analisis *Trend* Linier Energi Listrik Sektor Bisnis Manokwari Kota Periode Januari 2014-Juli 2023.

Model <i>Trend</i> Linier	MAD	MSE	MAPE
$Y_i = 2.159.931,35 + 7.682,72x_i$	128.213,30	25.031.831.866,72	4,90

Pada Tabel 1 ukuran kebaikan model *trend* linier mendapatkan hasil nilai MAD sebesar 128.213,30, nilai MSE sebesar 25.031.831.866,72 dan nilai MAPE sebesar 4,90%. Nilai MAPE yang mempunyai nilai < 10%, maka nilai tersebut termasuk dalam kriteria sangat

baik. Dapat disimpulkan bahwa data tersebut terbukti termasuk ke dalam pola data *trend* linier, maka dengan ini langkah berikutnya dapat dilanjutkan ke metode selanjutnya.

### Analisis Double Exponential Smoothing Brown

Peramalan metode ini dilakukan dengan dua kali pemulusan, konstanta nilai pemulusan *level* dan *trend*, setelah itu dilakukan peramalan. Namun terlebih dahulu harus menentukan nilai parameter pembobot *exponential smoothing* ( $\alpha$ ). Besarnya nilai parameter  $\alpha$  yang ditentukan ialah satu angka dibelakang koma, yaitu dari 0,1 sampai dengan 0,9 dan dipilih berdasarkan nilai yang terkecil dari MAD, MSE, dan MAPE.

Berikut penjabaran perhitungan *double exponential smoothing* Brown dimulai pada periode ke dua, yaitu pada saat  $t = 2$  dan juga dimulai menggunakan nilai parameter  $\alpha = 0,1$  terlebih dahulu yaitu sebagai berikut.

1. Menentukan nilai *exponential smoothing* pertama ( $S'_t$ )

$$\begin{aligned} \text{a. } S'_1 &= Y_1 \\ S'_1 &= 2.035.274 \\ \text{b. } S'_2 &= \alpha Y_2 + (1 - \alpha)S'_{2-1} \\ S'_2 &= \alpha Y_2 + (1 - \alpha)S'_1 \\ &= (0,1 \times 2.132.142) + (1 - 0,1)2.035.274 \\ &= 213.214,20 + (0,9)2.035.274 \\ &= 213.214,20 + 1.831,746,60 \\ &= 2.044.960,80 \\ \text{c. } S'_3 &= \alpha Y_3 + (1 - \alpha)S'_{3-1} \\ S'_3 &= \alpha Y_3 + (1 - \alpha)S'_2 \\ &= (0,1 \times 2.144.636) + (1 - 0,1)2.044.960,80 \\ &= 214.463,60 + (0,9)2.044.960,80 \\ &= 214.463,60 + 1.840.464,72 \\ &= 2.054.928,32 \end{aligned}$$

2. Menentukan nilai *exponential smoothing* kedua ( $S''_t$ )

$$\begin{aligned} \text{a. } S''_1 &= Y_1 \\ S''_1 &= 2.035.274 \\ \text{b. } S''_2 &= \alpha S'_2 + (1 - \alpha)S''_{2-1} \\ S''_2 &= \alpha S'_2 + (1 - \alpha)S''_1 \\ &= (0,1 \times 2.044.960,80) + (1 - 0,1)2.035.274 \\ &= 204.496,08 + (0,9)2.035.274 \\ &= 204.496,08 + 1.831.746,60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 2.036.242,68 \\ \text{c. } S''_3 &= \alpha S'_3 + (1 - \alpha)S''_{3-1} \\ S''_3 &= \alpha S'_3 + (1 - \alpha)S''_2 \\ &= (0,1 \times 2.054.928,32) + (1 - 0,1)2.036.242,68 \\ &= 205.492,83 + (0,9)2.036.242,68 \\ &= 205.492,83 + 1.832.618,41 \\ &= 2.038.111,24 \end{aligned}$$

3. Menentukan konstanta nilai pemulusan *level* ( $a_t$ )

$$\begin{aligned} \text{a. } a_2 &= 2S'_2 - S''_2 \\ &= 2(2.044.960,80) - 2.036.242,68 \\ &= 4.089.921,60 - 2.036.242,68 \\ &= 2.053.678,92 \\ \text{b. } a_3 &= 2S'_3 - S''_3 \\ &= 2(2.054.928,32) - 2.038.111,24 \\ &= 4.109.856,64 - 2.038.111,24 \\ &= 2.071.745,40 \end{aligned}$$

4. Menentukan konstanta nilai pemulusan *trend* ( $b_t$ )

$$\begin{aligned} \text{a. } b_2 &= \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_2 - S''_2) \\ &= \frac{0,1}{1-0,1} (2.044.960,80 - 2.036.242,68) \\ &= \frac{0,1}{0,9} (8.718,12) \\ &= \frac{871,81}{0,9} \\ &= 968,68 \\ \text{b. } b_3 &= \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_3 - S''_3) \\ &= \frac{0,1}{1-0,1} (2.054.928,32 - 2.038.111,24) \\ &= \frac{0,1}{0,9} (16.817,08) \\ &= \frac{1.681,71}{0,9} \\ &= 1.868,56 \end{aligned}$$

5. Menentukan nilai peramalan ( $F_{t+m}$ )

$$\begin{aligned} \text{a. } F_{2+1} &= a_2 + b_2(1) \\ F_3 &= 2.053.678,92 + 968,68(1) \\ &= 2.054.647,60 \\ \text{b. } F_{3+1} &= a_3 + b_3(1) \\ F_4 &= 2.071.745,40 + 1.868,56(1) \\ &= 2.073.613,96 \end{aligned}$$

Perhitungan menggunakan  $S'_t, S''_t, a_t, b_t$ , dan  $F_{t+m}$  dengan nilai  $m = 1$  seterusnya

dapat dilakukan sampai dengan nilai  $t = 115$ .

6. Pemilihan Parameter ( $\alpha$ ) Terbaik Menggunakan Ukuran Keباikan Model (MAD, MSE, dan MAPE)

Parameter  $\alpha$  terbaik dipilih berdasarkan nilai ukuran kebaikan model yang terkecil. Semakin rendah nilainya, maka semakin dekat nilai taksiran dengan nilai sebenarnya. Perhitungan nilai ukuran

keباikan model dimulai dari nilai prediksi pertama yaitu pada Periode Maret 2014 sampai dengan Juli 2023 atau  $F_3$  sampai dengan  $F_{115}$ , sehingga banyaknya data yang diamati ( $n$ ) sebanyak 113 atau  $n = 113$ . Berikut adalah hasil perhitungan lengkap nilai MAD, MSE, dan MAPE untuk parameter  $\alpha = 0,1$  sampai dengan  $\alpha = 0,9$  dapat disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai MAD, MSE, dan MAPE untuk Parameter  $\alpha = 0,1$  sampai dengan  $\alpha = 0,9$  Menggunakan Metode *Double Exponential Smoothing* Brown.

Parameter $\alpha$	MAD	MSE	MAPE
0,1	112.926,85	20.461.795.489,01	4,33%
0,2	108.682,83	19.284.001.536,71	4,21%
0,3	109.474,04	19.875.153.193,89	4,26%
0,4	112.969,78	21.230.502.097,14	4,40%
0,5	120.621,68	23.342.774.796,35	4,69%
0,6	130.674,64	26.411.660.948,60	5,09%
0,7	141.443,37	30.764.484.870,87	5,50%
0,8	153.852,88	36.937.178.843,58	5,98%
0,9	172.200,96	45.793.964.055,31	6,69%

Dari Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa nilai parameter  $\alpha$  yang memiliki nilai MAD, MSE, dan MAPE terkecil adalah parameter  $\alpha = 0,2$  dengan nilai MAD sebesar 108.682,83, nilai MSE sebesar 19.284.001.536,71, dan nilai MAPE sebesar 4,21%. Nilai MAPE tersebut mempunyai nilai  $< 10\%$ , nilai tersebut termasuk dalam kriteria sangat baik. Sehingga didapatkan model peramalan menggunakan nilai parameter  $\alpha = 0,2$  yaitu  $F_{115+m} = 3.113.864,04 + 1.293,69(m)$ .

**Analisis *Double Exponential Smoothing* Holt**

Peramalan metode *double exponential smoothing* Holt dilakukan menggunakan 2 parameter yaitu parameter  $\alpha$  dan  $\beta$ . Perhitungan ini dilakukan dengan pemulusan data asli (keseluruhan) menggunakan parameter  $\alpha$  kemudian memuluskan besaran *trend* menggunakan parameter parameter  $\beta$ . Besarnya nilai parameter  $\alpha$  dan  $\beta$  yang ditentukan ialah 1

angka dibelakang koma, yaitu dari 0,1 sampai dengan 0,9 dan dicari dengan cara *trial and error* dan dipilih berdasarkan nilai MAD, MSE, dan MAPE yang paling minimum.

Berikut penjabaran perhitungan *double exponential smoothing* Holt dimulai pada periode ke dua, yaitu pada saat  $t = 2$  dan perhitungan ini dimulai menggunakan nilai parameter  $\alpha = 0,1$  dan nilai parameter  $\beta = 0,1$  sebagai berikut.

1. Menentukan Nilai Pemulusan Data Asli ( $S_t$ )
  - a.  $S_1 = Y_1$   
 $S_1 = 2.035.274.$
  - b.  $S_2 = \alpha Y_2 + (1 - \alpha)(S_{2-1} + b_{2-1})$   
 $S_2 = \alpha Y_2 + (1 - \alpha)(S_1 + b_1)$   
 $= (0,1 \times 2.132.142) + (1 - 0,1)(2.035.274 + 96.868,00)$   
 $= 213.214,20 + (0,9)(2.132.142,00)$   
 $= 213.214,20 + 1.918.927,80$   
 $= 2.132.142,00$
  - c.  $S_3 = \alpha Y_3 + (1 - \alpha)(S_{3-1} + b_{3-1})$

$$\begin{aligned}
 S_3 &= \alpha Y_3 + (1 - \alpha)(S_2 + b_2) \\
 &= (0,1 \times 2.144.636) + (1 - \\
 &\quad 0,1)(2.132.142,00 + \\
 &\quad 96.868,00) \\
 &= 214.463,60 + \\
 &\quad (0,9)(2.229.010,00) \\
 &= 214.463,60 + 2.006.109,00 \\
 &= 2.220.572,60
 \end{aligned}$$

2. Menentukan Nilai Pemulusan Pola Trend ( $b_t$ )

a.  $b_1 = Y_2 - Y_1$   
 $b_1 = 2.132.142 - 2.035.274$   
 $b_1 = 96.868,00$

b.  $b_2 = \beta(S_2 - S_{2-1}) + (1 - \beta)b_{2-1}$   
 $b_2 = \beta(S_2 - S_1) + (1 - \beta)b_1$   
 $= 0,1(2.132.142,00 -$   
 $\quad 2.035.274,00) + (1 -$   
 $\quad 0,1)96.868,00$   
 $= 0,1(96.868,00) +$   
 $\quad 0,9(96.868,00)$   
 $= 9.686,80 + 87.181,20$   
 $= 96.868,00$

c.  $b_3 = \beta(S_3 - S_{3-1}) + (1 - \beta)b_{3-1}$   
 $b_3 = \beta(S_3 - S_2) + (1 - \beta)b_2$   
 $= 0,1(2.220.572,60 -$   
 $\quad 2.132.142,00) + (1 -$   
 $\quad 0,1)96.868,00$   
 $= 0,1(88.430,60) +$   
 $\quad (0,9)96.868,00$   
 $= 8.843,06 + 87.181,20$

$$= 96.024,26$$

3. Menentukan Nilai Peramalan ( $F_{t+m}$ )

a.  $F_{2+1} = S_2 + b_2(m)$   
 $F_3 = S_2 + b_2(m)$   
 $= 2.132.142,00 + 96.868,00(1)$   
 $= 2.229.010,00$

b.  $F_{3+1} = S_3 + b_3(m)$   
 $F_4 = S_3 + b_3(m)$   
 $= 2.220.572,60 + 96.024,26(1)$   
 $= 2.316.596,86$

Lakukan perhitungan  $S_t$ ,  $b_t$  dan  $F_{t+m}$  dengan nilai  $m = 1$  seterusnya sampai dengan nilai  $t = 115$ .

4. Pemilihan Parameter ( $\alpha$ ) dan ( $\beta$ ) Terbaik Menggunakan Ukuran Keabaikan Model (MAD, MSE, dan MAPE)

Mengkombinasikan parameter  $\alpha$  dan  $\beta$  dibuat dengan pertama-tama menentukan nilai  $\alpha = 0,1$  kemudian dipasangkan dengan nilai  $\beta$  dimulai dari 0,1 sampai dengan 0,9, lalu mulai lagi dengan nilai  $\alpha = 0,2$  setelah itu pasang dengan nilai  $\beta$  dimulai dari 0,1 sampai dengan 0,9, begitu seterusnya hingga nilai  $\alpha = 0,9$  dan pasang dengan nilai  $\beta$  dimulai dari 0,1 sampai dengan 0,9. Berikut hasil dari nilai parameter  $\alpha$  dan  $\beta$  yang nilai MAD, MSE, dan MAPEnya terkecil dapat disimpulkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Nilai MAD, MSE, dan MAPE Terkecil untuk Kombinasi Parameter  $\alpha$  dan  $\beta$  Menggunakan Metode *Double Exponential Smoothing Holt*

	$\alpha = 0,6$ dan $\beta = 0,1$	$\alpha = 0,7$ dan $\beta = 0,1$
MAD	107.316,93	107.506,20
MSE	19.880.296.953,93	20.113.916.939,52
MAPE	4,19%	4,19%

Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa nilai MAPE menggunakan parameter  $\alpha = 0,6$  dan  $\beta = 0,1$  dan nilai MAPE menggunakan parameter  $\alpha = 0,7$  dan  $\beta = 0,1$  mempunyai hasil yang sama, yaitu 4,19% yang mempunyai nilai  $< 10\%$  atau termasuk dalam kriteria sangat baik. Nilai MAD dan MSE untuk parameter  $\alpha = 0,6$  dan  $\beta = 0,1$  mempunyai nilai yang lebih kecil. Sehingga

dapat disimpulkan untuk perhitungan *double exponential smoothing Holt* didapatkan parameter  $\alpha = 0,6$  dan  $\beta = 0,1$  dengan model yaitu  $F_{115+m} = 3.107.663,08 + 3.946,99(m)$ .

**Perbandingan Metode *Double Exponential Smoothing Brown* dan *Holt***

Cara membandingkan kedua hasil dari metode tersebut yaitu dilihat dari nilai ukuran kebaikan model yang terkecil untuk mendapatkan nilai peramalan yang akurat. Berikut merupakan perbandingan metode

*double exponential smoothing* Brown dan Holt berdasarkan masing-masing ukuran kebaikan modelnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Perbandingan Metode *Double Exponential Smoothing* Brown dan Holt Berdasarkan Nilai MAD, MSE, dan MAPE Terkecil.

	<i>Double Exponential Smoothing</i> Brown	<i>Double Exponential Smoothing</i> Holt
MAD	108.682,83	107.316,93
MSE	19.284.001.536,71	19.880.296.953,93
MAPE	4,21%	4,19%

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa nilai MAD dan MAPE pada metode *double exponential smoothing* Holt mempunyai nilai yang lebih kecil, sedangkan nilai MSE pada metode *double exponential smoothing* Brown mempunyai nilai yang lebih kecil. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode *double exponential smoothing* Holt yang akan digunakan dalam meramalkan kebutuhan energi listrik sektor bisnis ULP Manokwari Kota sebanyak 12 periode yaitu periode Agustus 2023-Juli 2024 dengan model peramalan  $F_{115+m} = 3.107.663,08 + 3.946,99(m)$ ,  $m = \{1, 2, 3, \dots, 12\}$ .

**Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Sektor Bisnis**

Setelah didapatkan model terbaik dari membandingkan hasil dari kedua metode tersebut, maka langkah selanjutnya yang dilakukan adalah peramalan. Berikut peramalan kebutuhan energi listrik sektor bisnis ULP Manokwari Kota untuk 12 periode yang akan datang dengan menggunakan model *double exponential smoothing* Holt  $F_{115+m} = 3.107.663,08 + 3.946,99(m)$ ,  $m = \{1, 2, 3, \dots, 12\}$  ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 4. Hasil Peramalan Kebutuhan Energi Listrik (kWh) Sektor Bisnis ULP Manokwari Kota

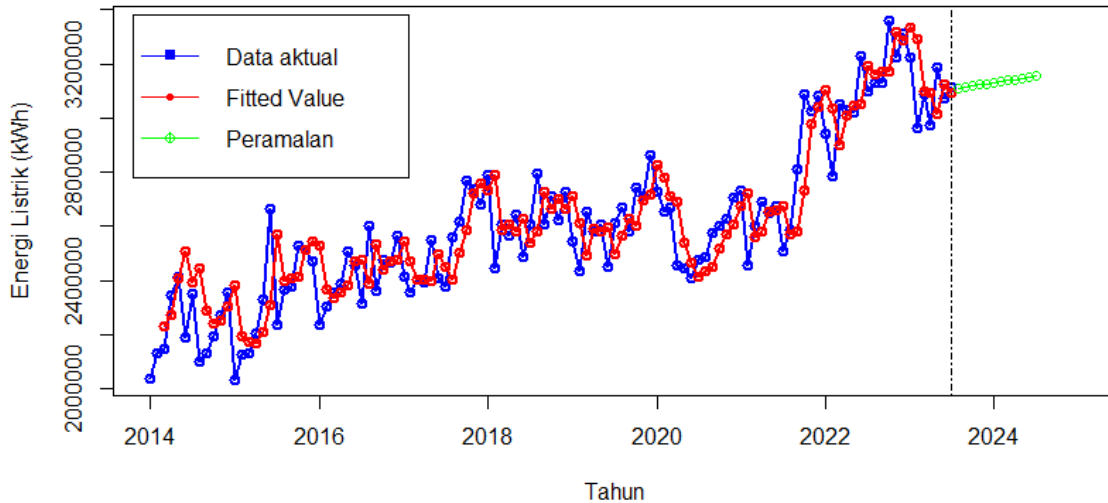
Tahun	Bulan	Energi Listrik Sektor Bisnis (kWh)
2023	Agustus	3.111.610
	September	3.115.557
	Oktober	3.119.504
	November	3.123.451
	Desember	3.127.398
2024	Januari	3.131.345
	Februari	3.135.292
	Maret	3.139.239
	April	3.143.186
	Mei	3.147.133
	Juni	3.151.080
	Juli	3.155.027

Dari Tabel 5 hasil peramalan energi listrik sektor bisnis menunjukkan bahwa

untuk 12 periode tersebut pada periode Agustus 2023-Juli 2024 mempunyai nilai

energi listrik (kWh) terbesar di Bulan Juli 2024 sebesar 3.155.027 kWh dan terendah di Bulan Agustus 2023 sebesar 3.111.610 kWh. Adapun di setiap periode tersebut

energi listrik sektor bisnis terus mengalami kenaikan. Plot hasil peramalan kebutuhan energi listrik sektor bisnis untuk Bulan Agustus 2023 sampai dengan Bulan Juli 2024 dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Peramalan Energi Listrik Sektor Bisnis Periode Agustus 2023-Juli 2024 Menggunakan Metode *Double Exponential Smoothing Holt***

Berdasarkan Gambar 3 dapat ditunjukkan bahwa garis biru dan garis merah menunjukkan nilai dari data aktual dan nilai data prediksi, sedangkan hasil peramalan kebutuhan energi listrik sektor bisnis di PT. PLN (Persero) ULP Manokwari Kota untuk periode Agustus 2023 sampai dengan periode Juli 2024 berada pada garis hijau dan membentuk garis yang cenderung naik disetiap periodenya.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan terkait perbandingan metode *double exponential smoothing* Brown dan Holt untuk meramalkan kebutuhan energi listrik sektor bisnis ULP Manokwari Kota diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Model peramalan kebutuhan energi listrik sektor bisnis ULP Manokwari Kota menggunakan metode analisis *double exponential smoothing* Brown yaitu  $F_{115+m} = 3.113.864,04 + 1.293,69(m)$  dengan nilai parameter  $\alpha = 0,2$  dengan nilai MAD sebesar 108.682,83, nilai MSE sebesar

19.284.001.536,71, dan nilai MAPE sebesar 4,21%.

2. Model peramalan kebutuhan energi listrik sektor bisnis ULP Manokwari Kota menggunakan metode analisis *double exponential smoothing* Holt yaitu  $F_{115+m} = 3.107.663,08 + 3.946,99(m)$  dengan nilai parameter  $\alpha = 0,6$  dan  $\beta = 0,1$  dengan nilai MAD sebesar 107.316,93, nilai MSE sebesar 19.880.296.953,93, dan nilai MAPE sebesar 4,19%.
3. Hasil perbandingan model terbaik menggunakan metode *double exponential smoothing* Brown dan Holt dalam meramalkan kebutuhan energi listrik sektor bisnis ULP Manokwari Kota yaitu adalah model *double exponential smoothing* Holt dengan nilai-nilai ukuran kebaikan modelnya lebih kecil dibandingkan model *double exponential smoothing* Brown.
4. Hasil peramalan kebutuhan energi listrik sektor bisnis ULP Manokwari Kota untuk periode Agustus 2023 sampai Juli 2024 atau sebanyak 12 periode menunjukkan bahwa kebutuhan energi

listrik meningkat secara berturut-turut dari yang paling rendah yaitu periode Agustus 2023 sebesar 3.111.610 kWh dan yang paling tinggi yaitu periode Juli 2024 sebesar 3.155.027 kWh.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S. 1984. *Teknik dan Metoda Peramalan: Penerapan dalam Ekonomi dan Dunia Usaha*. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia. Jakarta.
- Holland, J. 2007. *Ensiklopedia IPTEK: Bab 5 Listrik dan Ensiklopedia – Konservasi dan Lingkungan*. Penerjemah: Tim Lentera Abadi. Penerbit Lentera Abadi. Jakarta
- Ibadillah, A. F., et al. 2021. *Distribusi Sistem Tenaga Listrik*. Penerbit: Media Nusa Creative. Malang.
- Makridakis, Steven C Wheelwright., & Victor E. Mc. Gee. 2020. *Metode dan Aplikasi Peramalan Jilid 1 Edisi Revisi (terj.)*. Penerjemah: Ir. Untung Sus Adriyanto, M.Sc dan Ir. Abdul Basith, M.Sc. Volume 1. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Menteri ESDM RI. 2021. *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT. PLN (Persero) 2021-2030., Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2021-2030*. Jakarta.
- [PLN] Perusahaan Listrik Negara. 2021. *Laporan Keberlanjutan*. Penerbit PT. PLN (Persero). Jakarta.
- Rahmansyah, F., Badriana, B. dan Muthalib, M.A. 2021. Aplikasi Metode *Exponential Smoothing* dalam Peramalan Persediaan Energi Listrik di PT. PLN (Persero) Area Lhokseumawe. *Jurnal Energi Elektrik*. 9(2), 1.
- Septiyanor, H., Syaripuddin, S. dan Goejantoro, R. 2021. Perancangan Aplikasi Peramalan untuk Metode *Exponential Smoothing* Menggunakan Aplikasi Lazarus (Studi Kasus: Data Konsumsi Listrik Kota Samarinda).

*ESTIMASI: Journal of Statistics and Its Application*. 2(2), 57–70.

- Tarigan, H. & Sitompul, P. 2023. Metode *Double Eksponensial Smoothing* dalam Memperkirakan Jumlah Kebutuhan Energi Listrik di PT. PLN (Persero) Wilayah Sumut”, *Jurnal Riset Rumpun Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam (JURRIMIPA)*. 2(1), 18295.