

Implementasi Metode *Double Exponential Smoothing* dalam Memprediksi Pertambahan Jumlah Penduduk di Wilayah Kabupaten Karawang

Andini D. Pramesti¹, Mohamad Jajuli², Betha Nurina Sari³

^{1,2,3} Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Singaperbangsa Karawang, Sukamakmur, Indonesia

¹ andini.16036@student.unsika.ac.id

² mohamad.jajuli@unsika.ac.id

³ betha.nurina@staff.unsika.ac.id

Diterima 26 Juni 2020

Disetujui 23 November 2020

Abstract—The density and uneven distribution of the population in each area must be considered because it will cause problems such as the emergence of uninhabitable slums, environmental degradation, security disturbances, and other population problems. In the data obtained from the 2010 population census based on the level of population distribution in Karawang District, the area of West Karawang, East Karawang, Rengasdengklok, Telukjambe Timur, Klari, Cikampek and Kotabaru are zone 1 regions which are the densest zone with a population of 76,337 people up to 155,471 inhabitants. This research predicts / forecasting population growth in the 7 most populated areas for the next 1 year using Double Exponential Smoothing Brown and Holt methods. This study uses Mean Absolute Percentage Error (MAPE) to evaluate the performance of the double exponential smoothing method in predicting per-additional population numbers. Forecasting results from the two methods place the Districts of East Telukjambe, Cikampek, Kotabaru, East Karawang, and Rengasdengklok in 2020 to remain in zone 1 with a range of 76,337 people to 155,471 inhabitants. Whereas in the Districts of Klari and West Karawang are outside the range in zone 1 because both districts have more population than the range in zone 1. From the results of MAPE both methods are found that 6 out of 7 districts in the method Holt's double exponential smoothing produces a smaller MAPE value compared to the MAPE value generated from Brown's double exponential smoothing method. It was concluded that in this study the Holt double exponential smoothing method was better than Brown's double exponential smoothing method.

Index Terms—double exponential smoothing from Brown, double exponential smoothing from Holt, Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

I. PENDAHULUAN

Kota Karawang pada tahun 2010 memiliki jumlah penduduk sebanyak 2.127.791 jiwa. Penduduk laki-

laki pada tahun 2010 berjumlah 1.096.892 jiwa dan penduduk perempuan berjumlah 1.030.899 jiwa. Angka tersebut didapat dari hasil perhitungan hasil Sensus Penduduk 2010.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Sensus Penduduk 2010 juga menyatakan bahwa adanya persebaran penduduk yang tidak merata di Kabupaten Karawang. Dari 30 Kecamatan yang ada dibagi menjadi 4 zona berdasarkan tingkat penyebaran penduduk yaitu zona 1 yang terdiri dari 7 wilayah kecamatan yaitu Kecamatan Karawang Barat, Karawang Timur, Rengasdengklok, Telukjambe Timur, Klari, Cikampek dan Kotabaru yang merupakan zona dengan wilayah terpadat dengan jumlah penduduk berada di *range* 76.337 jiwa sampai dengan 155.471 jiwa, zona 2 berada di *range* 63.275 jiwa sampai dengan 75.336 jiwa, zona 3 berada di *range* 44.275 jiwa sampai dengan 63.274 jiwa, dan terakhir yaitu zona 4 dimana jumlah penduduk berada di *range* 34.154 jiwa sampai dengan 44.274 jiwa.

Meningkatnya jumlah penduduk juga mengakibatkan kebutuhan akan ketersediaan lahan sebagai tempat beraktivitas juga meningkat. Apabila hal tersebut tidak terpenuhi tentu saja dapat menyebabkan penurunan tingkat kesejahteraan penduduk di Kabupaten Karawang. Karena data jumlah penduduk berlangsung terus menerus, terjadi setiap saat, setiap detik, dan berlanjut. Oleh karena itu pemerintah perlu melakukan perencanaan pembangunan agar kesejahteraan penduduk di Kabupaten Karawang dapat selalu terjaga.

Untuk melakukan perencanaan pembangunan dibutuhkan data penunjang seperti jumlah penduduk dan persebarannya. Data yang dibutuhkan tidak hanya data yang berasal dari masa lalu dan masa kini saja, tetapi juga informasi perkiraan pada masa depan sangat penting untuk diketahui sebagai penunjang

perencanaan pembangunan [1]. Oleh karena itu proyeksi/prediksi pertumbuhan penduduk di masa depan pada daerah-daerah yang memiliki jumlah penduduk tinggi perlu dilakukan sebagai penunjang perencanaan pembangunan di Kabupaten Karawang [2].

Pada penelitian sebelumnya [3] melakukan peramalan migrasi masuk Kota Surabaya tahun 2015 dengan metode *double moving average* dan *double exponential smoothing* Brown. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa metode terbaik dalam memprediksi jumlah migrasi masuk per bulan pada tahun 2015 di Kota Surabaya adalah metode *double exponential smoothing* Brown.

Berdasarkan data, fakta, dan studi kepustakaan di atas, penelitian yang akan dilakukan yaitu memprediksi pertambahan jumlah penduduk di 7 wilayah pada zona 1 yang merupakan wilayah terpadat Kabupaten Karawang wilayah Kecamatan Karawang Barat, Karawang Timur, Rengasdengklok, Telukjambe Timur, Klari, Cikampek dan Kotabaru menggunakan metode *double exponential smoothing* yaitu *double exponential smoothing* dari Brown dan Holt. Penelitian ini menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk mengevaluasi performa metode *double exponential smoothing* dalam memprediksi pertambahan jumlah penduduk.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Data Mining

Data mining merupakan istilah yang dipergunakan untuk menemukan pengetahuan yang tersembunyi dalam suatu *database* [4]. *Data mining* dikelompokkan menjadi beberapa kelompok yaitu deskripsi, klasifikasi, estimasi, klastering, asosiasi, dan prediksi.

B. Forecasting (Peramalan)

Forecasting adalah usaha untuk meramalkan suatu keadaan yang terjadi di masa depan melalui pengujian keadaan yang ada pada masa lalu [5]. *Forecasting* dapat dibagi menjadi tiga jenis berdasarkan horizon waktu yaitu:

1. Peramalan jangka panjang, merupakan peramalan dengan cakupan waktu yang lebih dari 18 bulan.
2. Peramalan jangka menengah, merupakan peramalan dengan cakupan waktu sekitar 3 sampai 18 bulan.
3. Peramalan jangka pendek, mencakup jangka waktu tidak lebih dari 3 bulan.

C. Double Exponential Smoothing

Double exponential smoothing adalah metode *exponential smoothing* yang proses pemulusannya dilakukan dua kali [6]. *Double exponential smoothing* terdiri dari dua metode yaitu *double exponential*

smoothing dari Brown dan *double exponential smoothing* dari Holt.

D. Double Exponential Smoothing Brown

Metode yang dikembangkan oleh Brown ini digunakan untuk mengatasi adanya perbedaan yang muncul antara data aktual dan nilai peramalan apabila terdapat *trend* pada pola atau plot datanya. Metode ini digunakan untuk data runtut waktu (*Time Series*) yang memiliki komponen *trend* dan tidak memperhitungkan komponen musiman. Karena metode ini menggunakan satu parameter maka data yang diperlukan lebih sedikit. Rumus yang digunakan dalam implementasi metode ini yaitu sebagai berikut [6]:

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

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1} \quad (2)$$

$$a_t = S'_t + (S'_t - S''_t) = 2S'_t - S''_t \quad (3)$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha}(S'_t - S''_t) \quad (4)$$

$$F_{t+m} = a_t + b_t m \quad (5)$$

Di mana :

S'_t : nilai pemulusan eksponensial tunggal pada periode ke- t

S'_{t-1} : nilai pemulusan eksponensial tunggal pada periode ke- $(t-1)$

S''_t : nilai pemulusan eksponensial ganda pada periode ke- t

S''_{t-1} : nilai pemulusan eksponensial ganda pada periode ke- $(t-1)$

X_t : data aktual *time series* pada periode ke- t

α : parameter pemulusan eksponensial, $0 < \alpha < 1$

a_t, b_t : konstanta pemulusan pada periode ke- t

F_{t+m} : hasil peramalan untuk periode kedepan yang diramalkan

m : jumlah periode ke depan yang diramalkan

Untuk dapat menggunakan rumus tersebut maka nilai S'_{t-1} dan S''_{t-1} harus tersedia. Akan tetapi pada saat $t=1$, nilai-nilai tersebut tidak tersedia. Karena nilai-nilai tersebut harus ditentukan pada awal periode maka untuk mengatasi masalah tersebut dapat dilakukan dengan menetapkan S'_t dan S''_t sama dengan nilai X_1 (data aktual) [7]. Inisialisasi merupakan nilai awal yang digunakan dalam peramalan eksponensial. Inisialisasi untuk pemulusan eksponensial Brown yaitu nilai a_t dan b_t .

Adapun inisialisasi nilai a_t dan b_t seperti berikut:

$$a_1 = X_1 \text{ (data aktual)} \quad (6)$$

E. Double Exponential Smoothing Holt

Pada metode *double exponential smoothing* dari Holt ini komponen *trend* dihaluskan secara terpisah dengan menggunakan parameter yang berbeda. Keunggulan metode ini sama dengan teknik *double exponential smoothing* Brown dan lebih fleksibel karena *trend* nya dapat dihaluskan dengan menggunakan parameter yang berbeda. Akan tetapi pada *double exponential smoothing* Holt, kedua parameternya perlu dioptimalkan sehingga pencarian kombinasi terbaik parameter tersebut lebih rumit dibanding hanya menggunakan satu parameter. Selain itu, komponen musim pada metode ini tidak diperitungkan. Metode *double exponential smoothing* dua parameter dari Holt ini pada prinsipnya sama dengan Brown, akan tetapi Holt tidak menggunakan rumus pemulusan ganda secara langsung. Peramalan dari *double exponential smoothing* dua parameter dari Holt didapat dengan menggunakan dua parameter pemulusan dan tiga persamaan sebagai berikut:

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (7)$$

$$b_t = \beta(S_t - b_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (8)$$

$$F_{t+m} = S_t + b_t m \quad (9)$$

Di mana :

S_t : nilai pemulusan pada periode ke- t

S_{t-1} : nilai pemulusan pada periode ke- $(t-1)$

X_t : data aktual *time series* pada periode ke- t

b_t : nilai *trend* periode ke- t

b_{t-1} : nilai *trend* periode ke- $(t-1)$

α, β : parameter pemulusan, $0 < \alpha < 1$ dan $0 < \beta < 1$

F_{t+m} : hasil peramalan untuk periode ke depan yang diramalkan

m : jumlah periode ke depan yang diramalkan

Proses inisialisasi untuk pemulusan eksponensial Holt sebagai berikut:

$$1. S_1 = X_1 \text{ (data aktual)} \quad (10)$$

$$2. b_1 = \frac{(X_2 - X_1) + (X_4 - X_3)}{2} \quad (11)$$

F. MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) merupakan pengukuran kesalahan yang menghitung ukuran presentase penyimpangan antara data aktual dengan data peramalan [8]. MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) mengindikasikan seberapa besar kesalahan dalam meramal yang dibandingkan dengan nilai nyata. Kemampuan peramalan sangat baik jika memiliki nilai MAPE kurang dari 10%. Adapun rumus untuk menghitung MAPE yaitu sebagai berikut:

$$MAPE = \left(\frac{100\%}{n} \right) \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right| \quad (12)$$

Di mana:

X_t = Data aktual pada periode t

F_t = Nilai peramalan pada periode t

n = Jumlah data

III. METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan proses *Knowledge Discovery in Database* (KDD) karena tahapan yang ada pada KDD dinilai paling mendekati dengan kebutuhan dalam penelitian yang akan dilakukan. Adapun tahapan-tahapannya sebagai berikut:

1. *Selection*
2. *Preprocessing*
3. *Transformation*
4. *Data Mining*
5. *Interpretation/Evaluation*

A. Selection

Tahap ini merupakan tahap pemilihan data dari keseluruhan data penduduk yang ada. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data jumlah penduduk Kabupaten Karawang di 7 kecamatan terpadat. Data yang digunakan mulai dari tahun 2010 sampai tahun 2019 yang didapatkan melalui observasi ke Badan Pusat Statistik Kabupaten Karawang. Data yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data jumlah penduduk di 7 kecamatan terpadat

| Tahun | Kecamatan | | |
|-------|------------------|----------------|----------------|
| | Telukjambe Timur | Klari | Cikampek |
| 2010 | 126.616 | 155.336 | 107.020 |
| 2011 | 130.190 | 159.721 | 110.041 |
| 2012 | 141.228 | 165.878 | 112.780 |
| 2013 | 142.391 | 167.244 | 113.709 |
| 2014 | 133.880 | 164.275 | 113.174 |
| 2015 | 135.274 | 165.988 | 114.355 |
| 2016 | 136.593 | 167.611 | 115.471 |
| 2017 | 137.823 | 169.121 | 116.512 |
| 2018 | 138.982 | 170.553 | 117.495 |
| 2019 | 133,2 | 176,6 | 113,9 |
| Tahun | Kecamatan | | |
| | Kotabaru | Karawang Timur | Karawang Barat |
| 2010 | 119.710 | 118.001 | 155.471 |
| 2011 | 123.090 | 121.332 | 159.860 |
| 2012 | 129.114 | 127.373 | 161.226 |
| 2013 | 130.177 | 128.422 | 162.554 |
| 2014 | 126.593 | 124.778 | 164.411 |
| 2015 | 127.914 | 126.078 | 166.124 |
| 2016 | 129.163 | 127.307 | 167.749 |
| 2017 | 130.328 | 128.455 | 169.265 |
| 2018 | 131.427 | 129.537 | 170.684 |
| 2019 | 128,1 | 143,1 | 160,5 |

| Tahun | Kecamatan |
|-------|----------------|
| | Rengasdengklok |
| 2010 | 104.494 |
| 2011 | 107.444 |
| 2012 | 108.054 |
| 2013 | 108.944 |
| 2014 | 110.502 |
| 2015 | 111.655 |
| 2016 | 112.745 |
| 2017 | 113.761 |
| 2018 | 114.720 |
| 2019 | 108 |

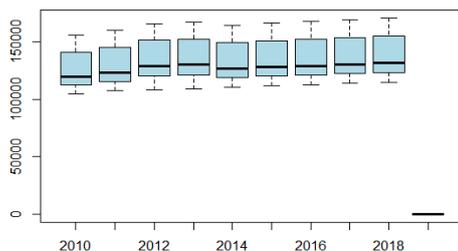
B. Preprocessing

Pada tahap ini dilakukan pengecekan *missing value* dan data *noise* atau bisa disebut juga sebagai data *outlier*. Proses pengecekan *missing value* dan *outlier* dilakukan menggunakan *tool* RStudio.

```
> # pengecekan missing value
> sum(is.na(DATA_3))
[1] 0
>
```

Gambar 1. Pengecekan *missing value*

Dari Gambar 1. dapat diketahui bahwa tidak adanya *missing value* pada data yang akan digunakan.



Gambar 2. Pengecekan *outlier* pada data

Gambar 2. merupakan hasil dari pengecekan *outlier* pada *tool* RStudio yang dilakukan dengan menggunakan fungsi *boxplot*. Gambar 2. menunjukkan bahwa tidak terdapat *outlier* pada data.

C. Transformation

Pada tahap *transformation* akan dilakukan perubahan bentuk data yang dimana pada *dataset* terdapat data dengan bentuk pecahan desimal. Dalam tahap ini data yang berbentuk pecahan desimal akan diubah menjadi data dengan bentuk pecahan ribuan. Data jumlah penduduk pada tahun 2019 berbentuk pecahan desimal. Maka dengan itu data akan ditransformasikan menjadi data dengan bentuk pecahan ribuan dengan mengalikan masing-masing data pada tahun 2019 dengan 1000. Data jumlah penduduk tahun 2019 sebelum dan sesudah di transformasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data penduduk tahun 2019 sebelum dan sesudah transformasi

| kecamatan | Sebelum | Sesudah |
|------------------|---------|---------|
| Telukjambe Timur | 133,2 | 133.200 |
| Klari | 176,6 | 176.600 |
| Cikampek | 113,9 | 113.900 |
| Kotabaru | 128,1 | 128.100 |
| Karawang Timur | 143,1 | 143.100 |
| Karawang Barat | 160,5 | 160.500 |
| Rengasdengklok | 108 | 108.000 |

D. Data Mining

Pada tahap *data mining* dilakukan proses pencarian pengetahuan dengan menerapkan metode *Double Exponential Smoothing* oleh Brown dan Holt. Pada penelitian di tahap ini menggunakan bantuan *Microsoft Excel*.

D.1. Perhitungan *Double Exponential Smoothing* dari Brown

Data pertama yang digunakan yaitu data jumlah penduduk di kecamatan Telukjambe Timur yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah penduduk di kecamatan Telukjambe Timur

| Tahun | Periode | Jumlah Penduduk |
|-------|---------|-----------------|
| 2010 | 1 | 126616 |
| 2011 | 2 | 130190 |
| 2012 | 3 | 141228 |
| 2013 | 4 | 142391 |
| 2014 | 5 | 133880 |
| 2015 | 6 | 135274 |
| 2016 | 7 | 136593 |
| 2017 | 8 | 137823 |
| 2018 | 9 | 138982 |
| 2019 | 10 | 133200 |

Dalam penelitian ini pendekatan yang dilakukan untuk menentukan nilai parameter α yang optimal dengan cara *trial* dan *error* (coba-coba) dan dipilih berdasarkan nilai MAPE terbaik (terkecil). Nilai α yang ditentukan adalah 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9. Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode *double exponential smoothing* dari Brown pada data penduduk Telukjambe Timur menggunakan bantuan *Microsoft Excel* diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai MAPE

| Parameter α | MAPE |
|--------------------|-------------|
| 0,1 | 3,415153627 |
| 0,2 | 2,929041452 |
| 0,3 | 3,166511262 |
| 0,4 | 3,079343729 |
| 0,5 | 2,935726409 |
| 0,6 | 3,061867482 |
| 0,7 | 3,402515517 |
| 0,8 | 3,617995675 |
| 0,9 | 3,697248529 |

Berdasarkan Tabel 4. terlihat nilai parameter α terbaik adalah $\alpha=0,2$ dengan nilai MAPE sebesar 2,929 atau 2,92% maka selanjutnya dapat dilakukan peramalan menggunakan metode *double exponential smoothing* dari brown pada Kecamatan Telukjambe Timur dengan nilai $\alpha = 0,2$.

a. Perhitungan Peramalan Jumlah Penduduk

1) Menentukan S'_t (*smoothing* pertama)

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

- Untuk $t = 1$

$$X_1 = 126616$$

Karena S'_{t-1} belum tersedia maka S'_1 sama dengan data X_1 .

$$S'_1 = 126616$$

- Untuk $t = 2$

$$X_2 = 130190$$

$$S'_2 = 127330,8$$

$$S'_2 = (0,2 \times 130190) + (1-0,2) \times 126616$$

$$S'_2 = 127330,8$$

- Untuk $t = 3$

$$X_3 = 141228$$

$$S'_3 = (0,2 \times 141228) + (1-0,2) \times 127330,8$$

$$S'_3 = 130110,2$$

dan seterusnya sampai pada perhitungan nilai S'_t untuk $t=10$ sebagai berikut:

- Untuk $t = 10$

$$X_{10} = 133200$$

$$S'_{10} = (0,2 \times 133200) + (1-0,2) \times 135590,8$$

$$S'_{10} = 135112,7$$

2) Menentukan S''_t (*smoothing* kedua)

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

- Untuk $t = 1$

$$X_1 = 126616$$

Karena S''_{t-1} belum tersedia maka S''_1 sama dengan data X_1 .

$$S''_1 = 126616$$

- Untuk $t = 2$

$$X_2 = 130190$$

$$S'_2 = 127330,8$$

$$S''_2 = (0,2 \times 127330,8) + (1-0,2) \times 126616$$

$$S''_2 = 126759$$

- Untuk $t = 3$

$$X_3 = 141228$$

$$S'_3 = 130110,2$$

$$S''_3 = (0,2 \times 130110,2) + (1-0,2) \times 126759$$

$$S''_3 = 127429,2$$

dan seterusnya sampai pada perhitungan nilai S''_t untuk $t=10$ sebagai berikut:

- Untuk $t = 10$

$$X_{10} = 133200$$

$$S'_{10} = 135112,7$$

$$S''_{10} = (0,2 \times 135112,7) + (1-0,2) \times 132451,4$$

$$S''_{10} = 132983,7$$

3) Menentukan Besar Konstanta (a_t)

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

- Untuk $t = 1$

$$a_1 = 2S'_1 - S''_1$$

$$a_1 = 2 \times 126616 - 126616$$

$$a_1 = 126616$$

- Untuk $t = 2$

$$a_2 = 2S'_2 - S''_2$$

$$a_2 = 2 \times 127330,8 - 126759$$

$$a_2 = 127902,6$$

- Untuk $t = 3$

$$a_3 = 2S'_3 - S''_3$$

$$a_3 = 2 \times 130110,2 - 127429,2$$

$$a_3 = 132791,3$$

dan seterusnya sampai pada perhitungan nilai a_t untuk $t=10$ sebagai berikut:

- Untuk $t = 10$

$$a_{10} = 2S'_{10} - S''_{10}$$

$$a_{10} = 2 \times 135112,7 - 132983,7$$

$$a_{10} = 137241,7$$

4) Menentukan Besar Konstanta (b_t)

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

- Untuk $t = 1$

$$b_1 = \frac{0,2}{1-0,2} (126616 - 126616)$$

- $b_1 = 0$
 Untuk $t = 2$

$$b_2 = \frac{0,2}{1-0,2}(127330,8 - 126759)$$

$$b_2 = 142,96$$
- Untuk $t = 3$

$$b_3 = \frac{0,2}{1-0,2}(130110,2 - 127429,2)$$

$$b_3 = 670,256$$

dan seterusnya sampai pada perhitungan nilai b_t untuk $t=10$ sebagai berikut:

- Untuk $t = 10$

$$b_{10} = \frac{0,2}{1-0,2}(135112,7 - 132983,7)$$

$$b_{10} = 532,25127$$

5) Meramalkan 1 periode selanjutnya (F_{t+m})

- $$F_{t+m} = a_t + b_t m$$

 Untuk $t = 1, m = 1$

$$F_{1+1} = a_1 + b_1 m$$

$$F_2 = 126616 + 0 \times 1$$

$$F_2 = 126616$$
- Untuk $t = 2, m = 1$

$$F_{2+1} = a_2 + b_2 m$$

$$F_3 = 127902,6 + 142,96 \times 1$$

$$F_3 = 128045,6$$
- Untuk $t = 3, m = 1$

$$F_{3+1} = a_3 + b_3 m$$

$$F_4 = 132791,3 + 670,256 \times 1$$

$$F_4 = 133461,52$$

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai $S'_t, S''_t, a_t, b_t,$ dan F_{t+m} pada data jumlah penduduk kecamatan Telukjambe Timur

| Thn | (t) | Xt | S't | S''t |
|------|-----|--------|----------|----------|
| 2010 | 1 | 126616 | 126616 | 126616 |
| 2011 | 2 | 130190 | 127330,8 | 126759 |
| 2012 | 3 | 141228 | 130110,2 | 127429,2 |
| 2013 | 4 | 142391 | 132566,4 | 128456,7 |
| 2014 | 5 | 133880 | 132829,1 | 129331,1 |
| 2015 | 6 | 135274 | 133318,1 | 130128,5 |
| 2016 | 7 | 136593 | 133973,1 | 130897,4 |
| 2017 | 8 | 137823 | 134743,1 | 131666,6 |
| 2018 | 9 | 138982 | 135590,8 | 132451,4 |
| 2019 | 10 | 133200 | 135112,7 | 132983,7 |

| Thn | at | bt | Ft+m |
|------|----------|-----------|-------------|
| 2010 | 126616 | 0 | - |
| 2011 | 127902,6 | 142,96 | 126616 |
| 2012 | 132791,3 | 670,256 | 128045,6 |
| 2013 | 136676,1 | 1027,4352 | 133461,52 |
| 2014 | 136327,1 | 874,49248 | 137703,568 |
| 2015 | 136507,6 | 797,38944 | 137201,576 |
| 2016 | 137048,7 | 768,90792 | 137305,0381 |
| 2017 | 137819,6 | 769,12343 | 137817,6123 |
| 2018 | 138730,3 | 784,85641 | 138588,6753 |
| 2019 | 137241,7 | 532,25127 | 139515,1286 |

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 5, maka dapat lakukan peramalan jumlah penduduk di Kecamatan Telukjambe Timur untuk tahun 2020 dengan perhitungan nilai peramalan sebagai berikut. Ramalan jumlah penduduk pada tahun 2020 dengan jumlah periode ke depan yang diramalkan yaitu 1 tahun maka $m = 1$ dan nilai periode yang digunakan adalah periode pada tahun terakhir yaitu $t = 10$:

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

$$F_{10+1} = a_{10} + b_{10} m$$

$$F_{11} = 137241,7 + 532,25127 \times 1$$

$$F_{11} = 137773,9336$$

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa nilai ramalan jumlah penduduk di Kecamatan Telukjambe Timur pada tahun 2020 sebanyak 137.773,9336 penduduk.

Lakukan cara perhitungan yang sama menggunakan *double exponential smoothing* dari Brown untuk meramalkan jumlah penduduk pada tahun 2020 di kecamatan selanjutnya.

D.2. Perhitungan *Double Exponential Smoothing* dari Holt

Seperti dalam perhitungan sebelumnya yaitu perhitungan *double exponential smoothing* dari Brown, pada perhitungan *double exponential smoothing* dari Holt ini data pertama yang digunakan yaitu data jumlah penduduk di kecamatan Telukjambe Timur.

Sama seperti perhitungan *double exponential smoothing* dari Brown, dalam *double exponential smoothing* dari Holt ini juga untuk menentukan nilai parameter yang optimal menggunakan cara *trial and error* (coba-coba) dan dipilih berdasarkan nilai MAPE terbaik (terkecil). Akan tetapi pada perhitungan *double exponential smoothing* dari Holt ini menggunakan 2 parameter yaitu α (alpha) dan β (beta). Nilai α dan β yang ditentukan adalah masing-masing 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9.

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode *double exponential smoothing* dari Holt pada data penduduk Telukjambe Timur

menggunakan bantuan Microsoft Excel diperoleh Nilai α dan β yang optimal yaitu $\alpha=0,9$ dan $\beta=0,2$.

a. Perhitungan Peramalan Jumlah Penduduk

- 1) Menentukan nilai pemulusan pada periode t (S_t) dan nilai *trend* (b_t).

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

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

- Untuk $t = 1$

$$X_1 = 126616$$

Pada $t=1$ untuk nilai S_t menggunakan inisialisasi yaitu $S_1 = X_1$ dan

$$b_1 = \frac{(X_2 - X_1) + (X_4 - X_3)}{2}$$

$$S_1 = 126616$$

$$b_1 = \frac{(130190 - 126616) + (142391 - 141228)}{2}$$

$$b_1 = 2368,5$$

- Untuk $t = 2$

$$X_2 = 130190$$

$$S_2 = \alpha X_2 + (1 - \alpha)(S_{2-1} + b_{2-1})$$

$$S_2 = \alpha X_2 + (1 - \alpha)(S_1 + b_1)$$

$$S_2 = (0,9 \times 130190) + (1 - 0,9) \times (126616 + 2368,5)$$

$$S_2 = 130069,5$$

$$b_2 = \beta(S_2 - b_{2-1}) + (1 - \beta)b_{2-1}$$

$$b_2 = \beta(S_2 - b_1) + (1 - \beta)b_1$$

$$b_2 = (0,2)(130069,5 - 2368,5) + (1 - 0,2)(2368,5)$$

$$b_2 = 2585,49$$

- Untuk $t = 3$

$$X_3 = 141228$$

$$S_3 = \alpha X_3 + (1 - \alpha)(S_{3-1} + b_{3-1})$$

$$S_3 = \alpha X_3 + (1 - \alpha)(S_2 + b_2)$$

$$S_3 = (0,9 \times 141228) + (1 - 0,9) \times (130069,5 + 2585,49)$$

$$S_3 = 140370,7$$

$$b_3 = \beta(S_3 - b_{3-1}) + (1 - \beta)b_{3-1}$$

$$b_3 = \beta(S_3 - b_2) + (1 - \beta)b_2$$

$$b_3 = (0,2)(140370,7 - 2585,49) + (1 - 0,2)(2585,49)$$

$$b_3 = 4128,641$$

dan seterusnya sampai pada perhitungan untuk $t=10$ sebagai berikut:

- Untuk $t = 10$

$$X_{10} = 133200$$

$$S_{10} = \alpha X_{10} + (1 - \alpha)(S_{10-1} + b_{10-1})$$

$$S_{10} = \alpha X_{10} + (1 - \alpha)(S_9 + b_9)$$

$$S_{10} = (0,9 \times 133200) + (1 - 0,9) \times (138990,5 + 1226,552)$$

$$S_{10} = 133901,7$$

$$b_{10} = \beta(S_{10} - b_{10-1}) + (1 - \beta)b_{10-1}$$

$$b_{10} = \beta(S_{10} - b_9) + (1 - \beta)b_9$$

$$b_{10} = (0,2)(133901,7 - 1226,552) + (1 - 0,2)(1226,552)$$

$$b_{10} = -36,5223$$

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai S_t , b_t , dan F_{t+m} pada data jumlah penduduk kecamatan Telukjambe Timur dengan nilai parameter $\alpha = 0,9$ dan $\beta = 0,2$

| Tahun | (t) | (Xt) | St | bt | Forecast |
|-------|-----|--------|----------|----------|----------|
| 2010 | 1 | 126616 | 126616 | 2368,5 | - |
| 2011 | 2 | 130190 | 130069,5 | 2585,49 | 128984,5 |
| 2012 | 3 | 141228 | 140370,7 | 4128,641 | 132654,9 |
| 2013 | 4 | 142391 | 142601,8 | 3749,141 | 144499,3 |
| 2014 | 5 | 133880 | 135127,1 | 1504,365 | 146351 |
| 2015 | 6 | 135274 | 135409,7 | 1260,022 | 136631,5 |
| 2016 | 7 | 136593 | 136600,7 | 1246,204 | 136669,8 |
| 2017 | 8 | 137823 | 137825,4 | 1241,905 | 137846,9 |
| 2018 | 9 | 138982 | 138990,5 | 1226,552 | 139067,3 |
| 2019 | 10 | 133200 | 133901,7 | -36,5223 | 140217,1 |

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 6. maka dapat dilakukan peramalan jumlah penduduk di kecamatan Telukjambe Timur untuk tahun 2020 dengan perhitungan nilai peramalan sebagai berikut. Ramalan jumlah penduduk pada tahun 2020 dengan jumlah periode ke depan yang diramalkan yaitu 1 tahun maka $m = 1$ dan nilai periode yang digunakan adalah periode pada tahun terakhir yaitu $t = 10$:

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

$$F_{10+1} = S_{10} + b_{10} m$$

$$F_{11} = 133901,7 + (-36,5223) \times 1$$

$$F_{11} = 133865,2$$

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa nilai ramalan jumlah penduduk di Kecamatan Telukjambe Timur pada tahun 2020 menggunakan *double exponential smoothing* dari Holt yaitu sebanyak 133865,2 penduduk.

Lakukan cara perhitungan yang sama menggunakan *double exponential smoothing* dari Holt untuk meramalkan jumlah penduduk pada tahun 2020 di kecamatan selanjutnya.

Berikut merupakan hasil peramalan jumlah penduduk pada tahun 2020 menggunakan metode *double exponential smoothing* dari Brown dan Holt pada 7 Kecamatan dengan tingkat persebaran penduduk yang tinggi yang disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Hasil peramalan jumlah penduduk tahun 2020

| Kecamatan | Forecast Jumlah Penduduk (ribu) | |
|------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| | Double exponential smoothing Brown | Double exponential smoothing Holt |
| Telukjambe Timur | 137.773,9 | 133865,2 |
| Klari | 177.922,9 | 178.862,2 |
| Cikampek | 114.886,7 | 113.716,7 |
| Kotabaru | 129.052,7 | 128.443,3 |
| Karawang Timur | 144.032,2 | 146.297 |
| Karawang Barat | 159.684,6 | 156.842,6 |
| Rengasdengklok | 107.485,7 | 108.072,9 |

E. Interpretation/Evaluation

Untuk mengetahui ketepatan peramalan yang dihasilkan dilakukan perhitungan ketepatan peramalan. Ukuran ketepatan peramalan digunakan untuk mengevaluasi nilai parameter peramalan yang terbaik yaitu yang memberikan kesalahan peramalan terkecil. Perhitungan ketepatan peramalan pada metode *double exponential smoothing* dari Brown dan Holt menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

Hasil perhitungan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang dilakukan dengan bantuan *Microsoft Excel* untuk metode *double exponential smoothing* dari Brown dan Holt pada setiap kecamatan dapat dilihat pada Tabel 8. dan Tabel 9.

Tabel 8. Nilai MAPE metode *double exponential smoothing* dari Brown

| Kecamatan | Parameter Alpha (α) | Hasil Peramalan | Hasil MAPE (%) |
|------------------|------------------------------|-----------------|----------------|
| Telukjambe Timur | 0,2 | 137.773,9 | 3,13 |
| Klari | 0,5 | 177.922,9 | 1,55 |
| Cikampek | 0,5 | 114.886,7 | 1,28 |
| Kotabaru | 0,5 | 129.052,7 | 1,92 |
| Karawang Timur | 0,5 | 144.032,2 | 2,57 |

| | | | |
|----------------|-----|-----------|------|
| Karawang Barat | 0,6 | 159.684,6 | 1,22 |
| Rengasdengklok | 0,6 | 107.485,7 | 1,23 |

Tabel 9. Nilai MAPE metode *double exponential smoothing* dari Holt

| Kecamatan | Alpha (α) | Beta (β) | Hasil Peramalan | Hasil MAPE (%) |
|------------------|--------------------|------------------|-----------------|----------------|
| Telukjambe Timur | 0,9 | 0,2 | 133.865,2 | 2,69 |
| Klari | 0,9 | 0,3 | 178.862,2 | 1,25 |
| Cikampek | 0,9 | 0,4 | 113.716,7 | 1,04 |
| Kotabaru | 0,9 | 0,3 | 128.443,3 | 1,64 |
| Karawang Timur | 0,9 | 0,3 | 146.297 | 2,25 |
| Karawang Barat | 0,9 | 0,6 | 156.842,6 | 1,19 |
| Rengasdengklok | 0,7 | 0,6 | 108.072,9 | 1,23 |

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan dengan metode *double exponential smoothing* dari Brown dan *double exponential smoothing* dari Holt dengan bantuan *tool Microsoft Excel* didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 10. Perbandingan jumlah penduduk tahun 2010 dengan hasil peramalan jumlah penduduk tahun 2020

| Kecamatan | Tahun 2010 | Brown | Holt |
|------------------|------------|-----------|-----------|
| | | 2020 | 2020 |
| Telukjambe Timur | 126.616 | 137.773,9 | 133.865,2 |
| Klari | 155.336 | 177.922,9 | 178.862,2 |
| Cikampek | 107.020 | 114.886,7 | 113.716,7 |
| Kotabaru | 119.710 | 129.052,7 | 128.443,3 |
| Karawang Timur | 118.001 | 144.032,2 | 146.297 |
| Karawang Barat | 155.471 | 159.684,6 | 156.842,6 |
| Rengasdengklok | 104.494 | 107.485,7 | 108.072,9 |

Dari Tabel 10, terlihat bahwa terjadi pertambahan jumlah penduduk di tiap kecamatannya. Data yang terdapat pada sensus penduduk 2010 menyatakan bahwa 7 kecamatan tersebut berada pada zona 1 dimana jumlah penduduk berada pada *range* 76.337 jiwa sampai dengan 155.471 jiwa yang merupakan wilayah dengan penduduk terbanyak. Dengan adanya hasil peramalan tersebut maka menempatkan Kecamatan Telukjambe Timur, Cikampek, Kotabaru, Karawang Timur, dan Rengasdengklok tetap berada pada zona 1 dengan *range* 76.337 jiwa sampai dengan 155.471 jiwa. Sedangkan pada Kecamatan Klari dan Karawang Barat berada di luar *range* yang ada pada zona 1 karena kedua kecamatan tersebut memiliki jumlah penduduk lebih banyak dari pada *range* yang ada pada zona 1.

Dari kedua metode yang digunakan berdasarkan perhitungan ketepatan prediksi menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) didapatkan hasil MAPE sebagai berikut:

Tabel 11. Nilai MAPE pada metode *double exponential smoothing* Brown dan Holt

| Kecamatan | MAPE (%) | |
|------------------|----------|------|
| | Brown | Holt |
| Telukjambe Timur | 3,13 | 2,69 |
| Klari | 1,55 | 1,25 |
| Cikampek | 1,28 | 1,04 |
| Kotabaru | 1,92 | 1,64 |
| Karawang Timur | 2,57 | 2,25 |
| Karawang Barat | 1,22 | 1,19 |
| Rengasdengklok | 1,23 | 1,23 |

Dari Tabel 11. dapat terlihat bahwa 6 dari 7 kecamatan memiliki nilai MAPE yang lebih kecil pada metode Holt dibanding dengan metode Brown. Sedangkan 1 kecamatan yaitu Kecamatan Rengasdengklok memiliki nilai MAPE yang sama pada metode Brown dan Holt.

Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini metode *double exponential smoothing* dari Holt memiliki nilai MAPE yang lebih baik dibandingkan dengan metode *double exponential smoothing* dari Brown.

V. SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan yaitu dengan adanya hasil peramalan menggunakan metode *double exponential smoothing* dari Brown dan Holt maka menempatkan kecamatan Telukjambe Timur, Cikampek, Kotabaru, Karawang Timur, dan Rengasdengklok pada tahun 2020 tetap berada pada zona 1 dengan *range* 76.337 jiwa sampai dengan 155.471 jiwa. Sedangkan pada Kecamatan Klari dan Karawang Barat berada di luar *range* yang ada pada zona 1 karena kedua kecamatan tersebut memiliki jumlah penduduk lebih banyak dari pada *range* yang ada pada zona 1.

Performa metode *double exponential smoothing* dari Brown dan Holt dalam melakukan peramalan pertambahan jumlah penduduk di di 7 wilayah terpadat Kabupaten Karawang berdasarkan tingkat persebaran penduduk menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) menghasilkan nilai MAPE yang baik yaitu kurang dari 10%. Dari hasil MAPE kedua metode tersebut dihasilkan bahwa 6 dari 7 kecamatan yang ada pada metode *double exponential smoothing* dari Holt menghasilkan nilai MAPE yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai MAPE yang dihasilkan dari metode *double exponential smoothing* dari Brown. Maka dapat disimpulkan bahwa metode *double exponential smoothing* dari Holt lebih baik dibandingkan dengan metode *double exponential smoothing* dari Brown dalam penelitian ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih diucapkan kepada pimpinan Universitas Singaperbangsa Karawang, Fakultas Ilmu Komputer serta para pihak lainnya yang tidak bisa

disebutkan satu persatu atas dukungannya dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2015-2019, Jakarta: Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 2015.
- [2] BPS Kabupaten Karawang, Proyeksi Penduduk Kabupaten Karawang Tahun 2010-2020, Karawang: BPS Kabupaten Karawang, 2015.
- [3] A. F. N. Azizah, "Peramalan Migrasi Masuk Kota Surabaya Tahun 2015 dengan Metode Double Moving Average dan Double Exponential Smoothing Brown," *Jurnal Biometrika dan Kependudukan*, pp. 172-180, 2015.
- [4] Purwadi, P. S. Ramadhan and N. Safitri, "Penerapan Data Mining Untuk Mengestimasi Laju Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Metode Regresi Linier Berganda Pada BPS Deli Serdang," *Sains dan Komputer (SAINTIKOM)*, pp. 55-61, 2019.
- [5] T. M. Simbolon, "Perancangan Aplikasi Forecasting Pertumbuhan Penduduk pada Kecamatan Tebing Tinggi dengan Menggunakan Metode Least Square," *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 3, pp. 78-83, 2016.
- [6] R. Y. Irawan, W. Laksito and Setiyowati, "Penerapan Metode Double Exponential Smoothing Untuk Peramalan Tingkat Indeks Pembangunan Manusia Berbasis Sistem Informasi Geografis Di Provinsi Jawa Tengah," *Jurnal TIKomSiN*, pp. 18-28, 2017.
- [7] E. Pujiati, D. Yuniarti and R. Goejantoro, "Peramalan Dengan Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Dari Brown (Studi Kasus: Indeks Harga Konsumen (IHK) Kota Samarinda)," *Jurnal EKSPONENSIAL*, pp. 33-40, 2016.
- [8] K. Margi S and S. Pendawa W, "Analisa Dan Penerapan Metode Single Exponential Smoothing Untuk Prediksi Penjualan Pada Periode Tertentu (Studi Kasus : PT. Media Cemara Kreasi)," in *Prosiding SNATIF*, Kudus, 2015.