

**PERAMALAN MENGGUNAKAN METODE DOUBLE EXPONENSIAL
SMOOTHING DAN FUZZY TIME SERIES CHENG
(STUDY KASUS: JUMLAH PENUMPANG ANGKUTAN UDARA DOMESTIK
KOTA KENDARI)**

Raka Zulfauzi¹, Yudi Setyawan^{2*}

Jurusan Statistika, Fakultas Sains Terapan, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: rakazulfauzi21@gmail.com, setyawan@akprind.ac.id

*Corresponding Author

Abstrak: Angkutan udara ialah sarana untuk memindahkan orang dan barang dari satu tempat ke tempat lain. Tujuannya membantu seseorang atau kelompok orang menjangkau berbagai tempat yang dituju. Adapun jenis-jenis pesawat yang digunakan adalah sebagai berikut: Garuda Indonesia, Citilink, Lion Air, Wings Air, Batik Air, Sriwijaya Air. Selain itu di dalam pesawat juga terdapat penumpang yaitu semua orang yang terdapat dalam pesawat yang tercatat dari tiket pesawat. Untuk mengetahui jumlah penumpang Angkutan Udara Domestik Kota Kendari maka penulis memutuskan mengambil data dari website Badan Pusat Statistika (BPS) Kota Kendari dan menganalisis dengan menggunakan metode *Double exponential smoothing* dan *Fuzzy time series Cheng* dengan α (α) dan β (β) = 0.1 sampai 0.9 yaitu bertujuan untuk mengetahui jumlah penumpang Angkutan Udara Domestik Kota Kendari pada bulan Juni, Agustus dan September tahun 2021 (3 bulan ke depan). Dimana metode ini kita bisa meramalkan dengan melihat jumlah *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) apa bila jumlah RMSE dan MAPE kecil, berarti metode yang di gunakan baik, untuk meramalkan pada penelitian selanjutnya. Setelah diketahui hasil analisisnya bahwa metode yang baik digunakan yaitu metode *double exponential smoothing* dari Holt menunjukkan bahwa nilai RMSE sebesar 20523 dan nilai MAPE sebesar 0.25%. berarti metode *double exponential smoothing* dari Holt baik digunakan meramalkan pada penelitian selanjutnya.

Kata Kunci: *Double exponential smoothing*, *Fuzzy time series cheng* Angkutan Udara Domestik Kota Kendari, peramalan.

1. PENDAHULUAN

Bandara Udara Haluoleo Kendari dulunya bernama bandara Wolter Monginsidi yang terletak di Kota Kendari, bandara ini resmi berganti nama menjadi bandara Haluoleo Kendari pada 13 Februari 2010. Bandara Udara Haluoleo Kendari adalah salah satu bandara udara di Provinsi Sulawesi Tenggara yang melayani penerbangan domestik yang cukup tinggi tingkat pelayanannya terhadap kualitas pelayanan kepada jasa transportasi udara sangat baik serta terhadap arus

penumpang dan barang. Sehubungan dengan hal tersebut pemerintah Provinsi dan kementerian perhubungan (Kemenhub) berkomitmen mendorong pembangunan infrastruktur sarana dan prasarana bandara Udara Haluoleo agar menjadi bandara alternatif Sultan Hasanudin.

Transportasi adalah suatu hal yang memudahkan manusia dalam beraktivitas. Transportasi didefinisikan sebagai sistem yang terdiri dari fasilitas tertentu beserta arus dan sistem kontrol yang memungkinkan orang atau barang

dapat berpindah dari suatu tempat ketempat lain secara efisien dalam setiap waktu untuk mendukung aktifitas manusia. Adapun jenis-jenis transportasi umum adalah yang pertama transportasi laut contohnya: Kapal KM Peln, Kapal KM Sinabung, Kapal Feri, Kapal penangkap ikan dan lainnya. Kedua transportasi darat contohnya : Mobil, sepeda motor, Bus dan lainnya. Ketiga transportasi udara contohnya: Pesawat Garuda, pesawat Lion Air, Pesawat Batik, Helikopter, dan lainnya. penelitian kali ini penulis mengambil transportasi udara untuk dianalisis, peneliti mengambil data jumlah penumpang datang dan pergi di bandara Haluoleo Kota Kendari.

2. METODE

Exponential Smoothing

Exponential Smoothing adalah suatu metode peramalan rata-rata bergerak yang melakukan pembobotan menurun secara *exponensial* terhadap nilai observasi yang lebih tua. Pengaruh dari metode ini adalah menghilangkan unsur random dalam data sehingga diperoleh suatu pola yang akan berguna dalam meramalkan nilai masa yang akan datang. Metode yang termasuk atau yang digunakan dalam metode *exponential smoothing*, antara lain:

- a) *Single exponential smoothing*
- b) *Double exponential smoothing*
- c) *Triple exponential smoothing*

Double Exponential Smoothing dari Brown

Double exponential smoothing satu parameter dari *Brown* adalah model linier yang dikemukakan oleh *Brown*. *Double exponential smoothing* satu parameter dari *Brown* ini serupa dengan *double moving average* karena adanya pembeda diantara nilai pemulusan tunggal dan ganda dapat ditambahkan

kepada nilai pemulusan tunggal serta disesuaikan jika terdapat trend. Pada metode ini proses *Smoothing* dilakukan dua kali untuk melakukan peramalan.

- 1) Menentukan nilai *smoothing* pertama

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

Dengan

S'_t = nilai pemulusan *Exponential* tunggal untuk periode t

α = konstanta pembobotan eksponensial tunggal ($0 < \alpha < 1$)

x_t = nilai aktual periode t

S'_{t-1} = nilai peramalan periodet-1

- 2) Menentukan nilai *smoothing* kedua

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

Dengan :

S''_t = nilai pemulusan *Exponential* ganda untuk periode t

S''_{t-1} = nilai *Double Exponential Smoothing* periode $t-1$

- 3) Menentukan nilai konstanta a_t

$$a_t = 2S'_t S''_t = 2S'_t S''_t \quad (3)$$
- 4) Menentukan nilai konstanta b_t
Rumus perhitungan pertama menggunakan inisialisasi

$$b_1 = \frac{(x_2 - x_1) + (x_4 - x_3)}{2} \quad (4)$$

Rumus perhitungan kedua dan seterusnya

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (S'_t - S''_t) \quad (5)$$

- 5) Menentukan nilai peramalan

$$F_t = a_t + b_t m \quad (6)$$

Dengan :

F_t = nilai peramalan periode t

a_t = Konstanta a

b_t = Konstanta b

m = jumlah periode yang akan diramalkan

Double Exponensial Smoothing dari Holt

Menurut Makridakis, ddk, (1999:115). Metode pemulusan *exponensial* linear dari *Holt* dalam prinsipnya serupa dengan *Brown* kecuali bahwa *Holt* tidak menggunakan rumus pemulusan berganda secara langsung. Sebagai gantinya, *Holt* memuluskan nilai trend dengan parameter yang berbeda dari parameter yang digunakan pada deret yang asli.

- 1) Melakukan pemulusan total

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

Dengan :

S_t = nilai pemulusan pada periode t

S_{t-1} = nilai pemulusan pada periode $t-1$

X_t = data aktual pada periode t

b_{t-1} = nilai *trend* periode $t-1$

α = parameter pemulusan, $0 < \alpha < 1$

- 2) Menentukan nilai *trend*

Rumus perhitungan pertama menggunakan

$$b_{t-1} = X_2 - X_1 \quad (8)$$

untuk perhitungan selanjutnya menggunakan rumus seperti yang dibawah ini:

$$b_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (9)$$

Dengan :

b_t = nilai *trend* periode t

b_{t-1} = nilai *trend* periode $t-1$

β = parameter pemulusan, $0 < \beta < 1$

- 3) Menentukan nilai peramalan

$$F_t = S_t + b_t m \quad (10)$$

Dengan :

F_t = nilai peramalan pada periode t

b_t = nilai *trend* periode t

S_t = nilai pemulusan pada periode t

m = jumlah periode yang akan diramalkan

Fuzzy Time Series Cheng

Metode *Cheng* adalah cara yang sedikit berbeda dalam penentuan interval, menggunakan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dengan memasukkan semua hubungan (*all relationship*) dan memberikan bobot berdasarkan pada urutan dan perulangan FLR yang sama.

Langkah-langkah peramalan dengan menggunakan metode FTS Cheng:

- (1) Menentukan himpunan semesta (U) data aktual, yaitu:

$$U = [d_{max} - d_{min}] \quad (11)$$

di mana d_{max} adalah data terbesar; d_{min} adalah data terkecil

- (2) Menentukan lebar interval menggunakan distribusi frekuensi, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan rentang (range) dengan rumus sebagai berikut:

$$R = d_{max} - d_{min} \quad (12)$$

di mana R adalah rentang; d_{max} adalah data terbesar; d_{min} adalah data terkecil.

- b. Menentukan banyaknya interval kelas dengan menggunakan Persamaan Sturges dengan rumus:

$$K = 1 + 3,322 \times \log n \quad (13)$$

- c. Menentukan lebar interval. Adapun rumusnya sebagai berikut:

$$I = \frac{\text{Range data } (R)}{\text{Banyaknya interval kelas } (K)} \quad (14)$$

- d. Mencari nilai tengah.
Adapun rumusnya sebagai berikut:

$$m_i = \frac{(\text{batas bawah} + \text{batas atas})}{2} \quad (15)$$

dimana i adalah banyaknya himpunan fuzzy.

- (3) Himpunan fuzzy dibentuk dengan melihat jumlah frekuensi yang berbeda, maka pada frekuensi terbanyak pertama dibagi menjadi h interval yang sama. Berikutnya, frekuensi terbanyak kedua dibagi atas $h - 1$ interval yang sama, interval pada frekuensi terbanyak ketiga dibagi menjadi $h - 2$ interval yang sama. Hal ini dilakukan sampai pada interval dengan frekuensi yang tidak dapat dibagi lagi.
- (4) Mendefinisikan himpunan fuzzy A_i dan melakukan fuzzifikasi pada data aktual yang diamati.
- (5) Membuat tabel FLR berdasarkan data aktual. FLR dapat dilambangkan oleh $A_i \rightarrow A_j$, di mana A_i disebut current state dan A_j disebut next state.
- (6) Menentukan bobot relasi FLR menjadi *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) dengan memasukkan semua hubungan (*all relationship*) dan memberikan bobot berdasarkan pada urutan dan perulangan yang sama. FLR yang memiliki *current state* (A_i) yang sama digabungkan menjadi satu grup ke dalam bentuk matriks pembobotan. Misal terdapat suatu urutan FLR yang sama.

- ($t = 1$) $A_1 \rightarrow A_1$, diberikan bobot 1
 ($t = 2$) $A_2 \rightarrow A_1$, diberikan bobot 1
 ($t = 3$) $A_1 \rightarrow A_1$, diberikan bobot 2

($t = 4$) $A_1 \rightarrow A_1$, diberikan bobot 3

di mana t menyatakan waktu, Kemudian bobot yang didapat pada relasi FLR dimasukkan ke dalam bentuk matriks pembobot (W) yang persamaannya ditulis sebagai berikut:

$$W \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1p} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2p} \\ \vdots & \vdots & w_{ij} & \vdots \\ w_{p1} & w_{p2} & \dots & w_{pp} \end{bmatrix} \quad (16)$$

dimana W adalah matriks pembobot; w_{ij} adalah bobot matriks pada baris ke- i dan kolom ke- j dengan $i = 1, 2, \dots, p$; $j = 1, 2, \dots, p$.

- (7) Kemudian mentransfer bobot FLRG tersebut ke dalam bentuk matriks pembobot terstandarisasi (W^*) yang ditulis sebagai berikut:

$$W^* = \begin{bmatrix} w_{11}^* & w_{12}^* & \dots & w_{1p}^* \\ w_{21}^* & w_{22}^* & \dots & w_{2p}^* \\ \vdots & \vdots & w_{ij}^* & \vdots \\ w_{p1}^* & w_{p2}^* & \dots & w_{pp}^* \end{bmatrix}$$

(17)

di mana W^* adalah matriks pembobot terstandarisasi dengan

$$w_{ij}^* = \frac{w_{ij}}{\sum_{j=1}^p w_{ij}}$$

(18)

Menentukan defuzzifikasi nilai peramalan. Untuk menghasilkan nilai peramalan, matriks pembobot terstandarisasi (W^*) dikalikan dengan m_i , Mencari nilai tengah (m_i) pada interval himpunan fuzzy dapat menggunakan:

$$m_i = \frac{(\text{batas bawah} + \text{batas atas})}{2} \quad (19)$$

Sehingga perhitungan peramalannya menjadi :

$$F_i = w_{i1} * (m_1) + w_{i2} * (m_2) + \dots + w_{ip} * (m_p) \tag{20}$$

Dimana F_i adalah hasil peramalan; dengan

$$w_{ij} * = \frac{w_{ij}}{\sum_{j=1}^p w_{ij}}$$

Apabila hasil fuzzifikasi periode ke-i adalah A_i , dan A_i tidak memiliki FLR pada FLRG dengan kondisi $A_i \rightarrow \emptyset$, dimana nilai maksimum derajat keanggotaannya berada pada u_i , maka nilai peramalan (F_i) adalah nilai tengah dari u_i , atau didefinisikan dengan m_i

Ukuran Kesalahan Peramalan

Kesalahan ramalan yaitu untuk menentukan perbedaan antara data historis aktual dan data peramalan. Selanjutnya untuk mengukur error (kesalahan) forecast biasanya digunakan *Mean Absolute Deviation (MAD)*, *Mean Squared Error (MSE)*, *Root Mean Squared Error (RMSE)* dan *Mean Absolute Percetage Error (MAPE)*.

1). **RMSE (Root Mean Square Error)**

adalah metode pengukuran dengan mengukur perbedaan nilai dari prediksi sebuah model sebagai estimasi atas nilai yang diobservasi. Dengan rumus sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (X_t - F_t)^2}{n}}$$

Dimana :
 X_t = Nilai aktual pada periode-t
 F_t = Nilai peramalan (forecast) pada periode-t
 n = Jumlah periode peramalan yang terlibat

2) **MAPE (Mean Absolute Percentage Error)**

Adalah nilai tengah kesalahan persentase absolut dari suatu peramalan. Dengan rumus sebagai berikut:

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

Dimana:
 X_t = Nilai aktual pada periode-t
 F_t = Nilai peramalan (forecast) pada periode-t
 n = Jumlah periode peramalan yang terlibat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN Data Aktual



Gambar 1 Jumlah Penumpang Angkutan Udara Domestik Kota Kendari dari Bulan Januari 2018 – Juni 2021

Berdasarkan Gambar 4.1 diketahui bahwa data penumpang angkutan udara domestik Kota Kendari cenderung turun, meskipun terdapat penumpang pesawat udara domestik Kota Kendari yang naik pada bulan tertentu. Tetapi arah data penumpang angkutan udara domestik Kota Kendari dalam jangka panjang tetap mengarah ke bawah sesuai defenis pola data trend yang telah dijelaskan pada sub bab 2.2.4. Adapun jumlah penumpang paling rendah terjadi pada bulan Mey 2020 yaitu 2.517 jiwa sedangkan jumlah penumpang pesawat

paling tinggi terjadi pada bulan Juli 2018 yaitu 190.035 jiwa.

Double Exponensial Smoothing dari Brown

Berdasarkan rumus 1, 2, 3, 4, 5 dan 6 maka diperoleh peramalan dari bulan Februari 2018 –Desember 2021 dengan menggunakan $\alpha=0.5$ sebagai berikut:

- a) Menentukan nilai smoothing pertama dengan rumus 1

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

Karena nilai s'_t untuk belum tersedia maka nilai s'_{2018} sama dengan data periode pertama.

Untuk $t=2$:

$$\begin{aligned} s'_{2018} &= \alpha * x_{Februari(2018)} + \\ &(1 - \alpha)s'_{Januari(2018)-1} \\ &= 0,5 * 154.944 + (1 - 0,5) \\ &166.878 \\ &= 160.911 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama dicari nilai smoothing pertama untuk bulan Maret 2018 sampai Juni 2021.

- b) Menentukan nilai smoothing kedua dengan rumus 2

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

Karena nilai s''_t untuk $t=1$ belum tersedia maka nilai $s''_{Januari(2018)}$ sama dengan data periode pertama.

Untuk $t=2$:

$$\begin{aligned} s''_{2018} &= \alpha s'_{Februari(2018)} + (1 - \\ &\alpha)s''_{Januari(2018)-1} \\ &= 0.5 * 160.911 + (1 - 0.5) \\ &166.878 \\ &= 163.894 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama dicari nilai smoothing kedua untuk bulan Maret 2018 sampai Juni 2021.

- c) Menentukan nilai konstanta a_t dengan rumus 3

$$a_t = 2s'_t - s''_t$$

Untuk $t=1$:

$$\begin{aligned} a_{2018} &= 2 * (s'_{Januari(2018)} - \\ &s''_{Januari(2018)}) \\ &= 2 * (166.878 - 166.878) \\ &= 166.878 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama dicari nilai a_t untuk bulan Februari 2018 sampai Juni 2021.

- d) Menentukan nilai Konstanta b_t mencari nilai awal menggunakan inisialisasi dengan rumus 4

$$\begin{aligned} b_1 &= \frac{(x_2 - x_1) + (x_4 - x_3)}{2} \\ &= \frac{(154.944 - 166.878) + \\ &(183.259 - 175.527)}{2} \\ &= -8.068 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus inisialisasi didapat nilai awal dari b_1 yaitu -8.068

Untuk selanjutnya menggunakan rumus 5

$$\begin{aligned} b_t &= \frac{\alpha}{1-\alpha} (s'_t - s''_t) \\ &\text{untuk } t=2 \\ b_{2018} &= \frac{\alpha}{1-\alpha} (s'_{Februari(2018)} - \\ &s''_{Februari(2018)}) \\ &= \frac{0,5}{1-0,5} (160911 - 163894) \\ &= -2983 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama dicari nilai b_t untuk bulan Maret 2018 sampai dengan Juni 2021.

- e) Menghitung nilai ramalan dengan rumus 6

$$\begin{aligned} F_{t+m} &= a_t + b_t m \\ F_{2018+1} &= a_1 + b_1(1) \\ F_{2018} &= 166.878 + -8068(1) \\ F_{2018} &= 158810 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama dicari nilai ramalan untuk bulan Maret 2018 sampai bulan September 2021 untuk 3 bulan ke depan.

Untuk bulan Juli = 106314, Agustus = 113534 dan September 120754

Pengukuran Kesalahan Peramalan Metode Double Exponential Smoothing dari Brown

1. Rood Mean Square Error (RMSE)

$$= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_t - F_t)^2}{n}}$$

$$= \sqrt{\frac{23.597.786.710}{41}}$$

$$= 24173$$

2. Mean Absolute Presentase Error (MAPE)

$$= \frac{\sum_{i=1}^n (\frac{X_t - F_t}{X_t}) \times 100\%}{n}$$

$$= \frac{17.11}{41}$$

$$= 0.42\%$$

Double Exponensial Smoothing dari Holt

Berdasarkan rumus 6, 7, dan 8 maka diperoleh peramalan dari bulan Februari 2018 –Desember 2021.

1. Melakukan pemulusan total

Karena nilai S_{t-1} untuk belum tersedia maka nilai S_{t-1} sama dengan data periode pertama dengan α dan $\beta = 0.7$, sedangkan untuk nilai B_{t-1} diperoleh dari rumus 2.8 yaitu data tahun kedua dikurangi data tahun pertama yaitu $154.944 - 166.878 = -11.934$

Untuk $t=2$

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

$$S_2 = 0.7 * 154.944 + (1 - 0,7) * (166.878 + -11.934)$$

$$= 158.521$$

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama dicari nilai S_t untuk bulan Maret 2018 sampai dengan Juni 2021.

2. Menentukan nilai trend

Untuk nilai B_{t-1} diperoleh dari data tahun kedua dikurangi data

tahun pertama yaitu $154.944 - 166.878 = -11.934$

Untuk $t=2$

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

$$b_2 = 0,7 * (158521 - 166878) + (1 - 0,7) * -11.934$$

$$= -5853.75$$

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama dicari nilai B_t untuk bulan Maret 2018 sampai dengan Juni 2021.

3. Menghitung nilai peramalan tahun 2020

$$F_t = S_t + B_t m$$

$$F_t = 166.877 + -11.934(1)$$

$$= 154.944$$

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama dicari nilai ramalan untuk bulan Maret 2018 sampai dengan September 2021 untuk 3 bulan ke depan. Untuk bulan Juli = 111283, Agustus = 125148 dan September = 139012

Pengukuran Kesalahan Peramalan Metode Double Exponential Smoothing dari Holt

1. Rood Mean Square Error (RMSE)

$$= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_t - F_t)^2}{n}}$$

$$= \sqrt{\frac{17270448178,58}{41}}$$

$$= 20523$$

2. Mean Absolute Presentase Error (MAPE)

$$= \frac{\sum_{i=1}^n (\frac{X_t - F_t}{X_t}) \times 100\%}{n}$$

$$= \frac{10.56}{41}$$

$$= 0.25\%$$

Fuzzy Time Series Cheng

1. Hasil perhitungan X max, X min, Banyak kelas, Rentang Kelas dan Interval kelas dengan menggunakan rumus 11, 12, 13 14 dan 15

Tabel 1. X max, X min, Banyak kelas, Rentang Kelas dan Interval kelas

X max	190.035	
x min	2.517	
banyak kelas	6,39	dibulatkan = 6
Rentang kelas	187.518	
Lebar interval	31253	

2. Hasil perhitungan pembentukan interval dengan melihat dengan melihat jumlah frekuensi yang berbeda.

U_i	Batas Bawah	Batas atas	Data	Sub interval	Lebar sub interval
U_1	2.517	33.770	3	1	31253
U_2	33.771	65.024	4	2	15627
U_3	65.025	96.278	6	3	10418
U_4	96.279	127.532	8	4	7813
U_5	127.533	158.786	12	6	5209
U_6	158.787	190.040	9	5	6251

	batas bawah	batas atas	lebar sub interval	nilai tengah
A ₁	2517	33770	31253	18143
A ₂	33771	49398	15627	41584
A ₃	49398	65025	15627	57211
A ₄	65026	75444	10418	70235
A ₅	75445	85863	10418	80654
A ₆	85864	96282	10418	91073
A ₇	96282	104095	7813	100188
A ₈	104095	111908	7813	108001
A ₉	111909	119722	7813	115815
A ₁₀	119723	127536	7813	123629
A ₁₁	127536	132745	5209	130140
A ₁₂	132746	137955	5209	135350
A ₁₃	137956	143165	5209	140560
A ₁₄	143166	148375	5209	145770
A ₁₅	148376	153585	5209	150980
A ₁₆	153586	158795	5209	156190
A ₁₇	158796	165047	6251	161921

A ₁₈	165047	171298	6251	168172
A ₁₉	171298	177549	6251	174423
A ₂₀	177549	183800	6251	180674
A ₂₁	183800	190051	6251	186925,5

3. Hasil perhitungan pembentukan Fuzzyfikasi

	Bulan	Penumpang Angkutan Udara	Fuzzyfikasi
2018	Januari	166.878	A ₁₈
	Februari	154.944	A ₁₆
	Maret	175.527	A ₁₉
	April	183.259	A ₂₀
	Mei	163.200	A ₁₇
	Juni	183.129	A ₂₀
	Juli	190.035	A ₂₁
	Agustus	179.080	A ₂₀
	September	176.091	A ₁₉
	Oktober	176.333	A ₁₉
	November	153.552	A ₁₅
	Desember	152.749	A ₁₅
2019	Januari	126.450	A ₁₀
	Februari	110.003	A ₈
	Maret	126.650	A ₁₀
	April	119.696	A ₉
	Mei	113.046	A ₉
	Juni	140.556	A ₁₃
	Juli	141.104	A ₁₃
	Agustus	141.786	A ₁₃
	September	140.933	A ₁₃
	Oktober	149.216	A ₁₅
	November	153.218	A ₁₅
	Desember	145.837	A ₁₄
2020	Januari	133.779	A ₁₁
	Februari	139.357	A ₁₂
	Maret	110.000	A ₈
	April	23.550	A ₁
	Mei	2.517	A ₁
	Juni	19.801	A ₁
	Juli	46.605	A ₂
	Agustus	61.804	A ₃
	September	62.106	A ₂
	Oktober	74.072	A ₄

	November	88.688	A_6
	Desember	99.000	A_7
2021	Januari	66.000	A_4
	Februari	58.319	A_3
	Maret	82.000	A_5
	April	86.000	A_6
	Mei	75.257	A_4
	Juni	105.914	A_8

	Juli	46.605	$A_2 \rightarrow A_3$
	Agustus	61.804	$A_3 \rightarrow A_2$
	September	62.106	$A_2 \rightarrow A_4$
	Oktober	74.072	$A_4 \rightarrow A_6$
	November	88.688	$A_6 \rightarrow A_7$
	Desember	99.000	$A_7 \rightarrow A_4$
2021	Januari	66.000	$A_4 \rightarrow A_3$
	Februari	58.319	$A_3 \rightarrow A_5$
	Maret	82.000	$A_5 \rightarrow A_6$
	April	86.000	$A_6 \rightarrow A_4$
	Mei	75.257	$A_4 \rightarrow A_8$
	Juni	105.914	$A_8 \rightarrow A_8$

4. Hasil perhitungan fuzzy Logical Relationship dan FLR Group

	Bulan	Penumpang Angkutan Udara	FLR
2018	Januari	166.878	$A_{18} \rightarrow A_{16}$
	Februari	154.944	$A_{16} \rightarrow A_{19}$
	Maret	175.527	$A_{19} \rightarrow A_{20}$
	April	183.259	$A_{20} \rightarrow A_{17}$
	Mei	163.200	$A_{17} \rightarrow A_{20}$
	Juni	183.129	$A_{20} \rightarrow A_{21}$
	Juli	190.035	$A_{21} \rightarrow A_{20}$
	Agustus	179.080	$A_{20} \rightarrow A_{19}$
	September	176.091	$A_{19} \rightarrow A_{19}$
	Oktober	176.333	$A_{19} \rightarrow A_{15}$
	November	153.552	$A_{15} \rightarrow A_{15}$
	Desember	152.749	$A_{15} \rightarrow A_{10}$
2019	Januari	126.450	$A_{10} \rightarrow A_8$
	Februari	110.003	$A_8 \rightarrow A_{10}$
	Maret	126.650	$A_{10} \rightarrow A_9$
	April	119.696	$A_9 \rightarrow A_9$
	Mei	113.046	$A_9 \rightarrow A_{13}$
	Juni	140.556	$A_{13} \rightarrow A_{13}$
	Juli	141.104	$A_{13} \rightarrow A_{13}$
	Agustus	141.786	$A_{13} \rightarrow A_{13}$
	September	140.933	$A_{13} \rightarrow A_{15}$
	Oktober	149.216	$A_{15} \rightarrow A_{15}$
	November	153.218	$A_{15} \rightarrow A_{14}$
	Desember	145.837	$A_{14} \rightarrow A_{11}$
2020	Januari	133.779	$A_{11} \rightarrow A_{12}$
	Februari	139.357	$A_{12} \rightarrow A_8$
	Maret	110.000	$A_8 \rightarrow A_1$
	April	23.550	$A_1 \rightarrow A_1$
	Mei	2.517	$A_1 \rightarrow A_1$
	Juni	19.801	$A_1 \rightarrow A_2$

Group	Current State	Next State		
Group 1	$A_1 \rightarrow$	A_1	A_2	
Group 2	$A_2 \rightarrow$	A_3	A_4	
Group 3	$A_3 \rightarrow$	A_2	A_5	
Group 4	$A_4 \rightarrow$	A_3	A_6	A_8
Group 5	$A_5 \rightarrow$	A_6		
Group 6	$A_6 \rightarrow$	A_4	A_7	
Group 7	$A_7 \rightarrow$	A_4		
Group 8	$A_8 \rightarrow$	A_1	A_8	A_{10}
Group 9	$A_9 \rightarrow$	A_9	A_{13}	
Group 10	$A_{10} \rightarrow$	A_8	A_9	
Group 11	$A_{11} \rightarrow$	A_{12}		
Group 12	$A_{12} \rightarrow$	A_8		
Group 13	$A_{13} \rightarrow$	A_{13}	A_{15}	
Group 14	$A_{14} \rightarrow$	A_{11}		
Group 15	$A_{15} \rightarrow$	A_{10}	A_{14}	A_{15}
Group 16	$A_{16} \rightarrow$	A_{19}		
Group 17	$A_{17} \rightarrow$	A_{20}		
Group 18	$A_{18} \rightarrow$	A_{16}		
Group 19	$A_{19} \rightarrow$	A_{15}	A_{19}	A_{21}
Group 20	$A_{20} \rightarrow$	A_{17}	A_{19}	A_{21}
Group 21	$A_{21} \rightarrow$	A_{20}		

	Maret	82.000	A ₅	91073
	April	86.000	A ₆	21110
	Mei	75.257	A ₄	60364
	Juni	105.914	A ₈	80736
	Juli	-		80736
	Agustus	-		80736
	September	-		80736

Pengukuran Kesalahan Peramalan Metode Double Exponential Smoothing dari Holt

1. Root Mean Square Error (RMSE)

$$= \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (X_t - F_t)^2}{42}}$$

$$= \sqrt{\frac{158.202.118.695}{42}}$$

$$= 37667$$

2. Mean Absolute Persentase Error (MAPE)

$$= \frac{\sum_{i=1}^n (\frac{X_t - F_t}{X_t}) \times 100\%}{n}$$

$$= \frac{26.25}{42}$$

$$= 0.62\%$$

Pemilihan Metode Terbaik

Metode	Bulan yang di ramalkan	Ramalan	RMSE	MAPE
<i>Double Exponential Smoothing dari Brown</i>	Juli 2021	106.314 Jiwa	24173 Jiwa	0.42%
	Agustus 2021	113.534 Jiwa		
	September 2021	120.754 Jiwa		
<i>Double Exponential Smoothing dari Holt</i>	Juli 2021	111.283 Jiwa	20523 Jiwa	0.25%
	Agustus 2021	125.148 Jiwa		
	September 2021	139.012 Jiwa		
<i>Fuzzy Time Series Cheng</i>	Juli 2021	80.736 Jiwa	37667 Jiwa	0.62%
	Agustus 2021	80.736 Jiwa		
	September 2021	80.736 Jiwa		

Smoothing dari Holt dapat memberikan nilai kesalahan paling kecil dengan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) yaitu 20523 dan nilai *Mean Absolute Persentase Error* MAPE yaitu 0.25%.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

1 Berdasarkan hasil data jumlah penumpang angkutan udara domestik Kota Kendari dari Januari 2018 sampai dengan Juni 2021 diketahui bahwa jumlah penumpang pesawat paling sedikit terjadi pada bulan Mey 2020 sebesar 2.517 Jiwa dan penumpang pesawat paling banyak terjadi pada Bulan Juli 2018 sebesar 190.035 Jiwa.

2 Pemilihan nilai α dan β dengan menggunakan sebanyak sembilan nilai α dan β diperoleh nilai standar error terbaik. Untuk hasil ramalan metode double eksponensial smoothing dari Brown adalah $\alpha = 0.5$ dengan nilai RMSE sebesar 24173 serta nilai MAPE sebesar 0.42%. Untuk metode double eksponensial smoothing dari Holt adalah α dan $\beta = 0.7$ dengan nilai RMSE sebesar 20523 serta nilai MAPE sebesar 0.25%. Sedangkan untuk metode Fuzzy time series Cheng dengan RMSE sebesar 37667 serta nilai MAPE sebesar 0.62%. sehingga metode yang memberikan hasil peramalan lebih baik pada penelitian ini adalah metode *Double Exponential Smoothing dari Holt* karena memiliki nilai kesalahan peramalan lebih kecil yaitu 0.25%

Saran

Saran yang dapat penulis berikan yaitu:

dari hasil yang telah penulis analisis ada beberapa saran yang penulis berikan yaitu dalam menghitung peramalan (forecast) atau memprediksikan suatu hal pada jumlah penumpang angkutan udara Kota Kendari, statistik dan lain sebagainya, akan lebih baik apabila mencoba berbagai macam metode misal

Song dan Chissom dan menggunakan data-data yang lebih banyak lagi untuk menemukan hasil yang paling akurat dari metode-metode yang dilakukan

Ekonomi Akutansi (Jensi), Universitas Samudra Aceh, Banda Aceh.

DAFTAR PUSTAKA

Ariyanto, R. Puspitasari, D dan Ericawati, F, 2017, Penerapan Metode Double Exponential Smoothing Pada Peramalan Produksi Tanaman Pangan, *Jurnal Informatika Polinema*, Politeknik Negeri Malang, Malang.

BPS, 2021, Jumlah Penumpang Angkutan Udara Domestik/ Dalam Negeri (Jiwa), BPS Sulawesi Tenggara, Kendari, Diakses pada 10 Agustus 2021, dari

<https://Sultra.bps.go.id>

Durrah, I.F, Yulia, Parhusip P.T, dan Rusyana, A, 2018, Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat Di Bandara Sultan Iskandar Muda Dengan Metode SARIMA, *Jurnal Of Data Analisis*, Universitas Syia Kuala, Banda Aceh.

Dharmesta dan Susanto, 2016, Peramalan Perencanaan Produksi Terak dengan *Metode Exponential Smoothing With Trend* pada PT Semen Indonesia, *Jurnal Teknik Industri*, Universitas Diponegoro, Semarang.

Fauzan, M, 2020, “Analisis Peramalan Harga Emas Dunia Menggunakan Fuzzy Time Series Model Cheng”, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Indah, D.R & Rahmadani, E, 2018, Sistem Forecasting Perencanaan Produksi Dengan Metode Single Exponential Smoothing Pada Keripik Singkong Srikandi Di Kota Langsa. *Jurnal Penelitian*