

PERAMALAN TINGKAT PENGANGGURAN DI KOTA LAMONGAN MENGUNAKAN METODE PEMULUSAN EKSPONENSIAL GANDA BROWN

Kamilatur Rosidah

Program Studi Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Billfath.

kamilaturrosidah90@gmail.com*

Aris Alfian

Program Studi Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Billfath.

arisalfan@gmail.com**

Ahmad Isro'il

Program Studi Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Billfath.

ahmadisroil@billfath.ac.id***

Abstrak

Peramalan adalah salah satu metode dalam statistika yang bertujuan untuk memperkirakan atau memprediksi suatu kondisi pada masa yang akan datang. Hasil dari peramalan dapat digunakan sebagai acuan atau indikator dalam memprediksikan kondisi pada waktu berikutnya. Pada penelitian ini dilakukan dengan meramalkan tingkat pengangguran di kota Lamongan untuk periode ke depan, dengan metode pemulusan eksponensial ganda Brown berdasarkan pada data dari tahun 2001 sampai dengan 2023. Metode akurasi peramalan yang digunakan dalam peramalan pengangguran ini adalah Mean Absolute Percentage Error (MAPE) untuk menghitung persentase error pada masing-masing nilai parameter α . Dari hasil penelitian, nilai parameter α terbaik yang diperoleh untuk peramalan tingkat pengangguran di kota Lamongan di masa yang akan datang dengan memperoleh nilai MAPE terkecil yang dipilih secara *trial and error*.

Kata Kunci: Peramalan, Pengangguran, Eksponensial ganda Brown, Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Abstract

Forecasting is a method in statistics that aims to estimate or predict a condition in the future. The results of forecasting can be used as a reference or indicator in predicting conditions at the next time. This research was carried out by predicting the unemployment rate in the city of Lamongan for the next period, using the Brown double exponential smoothing method based on data from 2001 to 2023. The forecasting accuracy method used in forecasting unemployment is Mean Absolute Percentage Error (MAPE) for calculate the percentage error for each a parameter value. From the research results, the best a parameter value was obtained for forecasting the unemployment rate in the city of Lamongan in the future by obtaining the smallest MAPE value chosen by trial and error.

Keywords: Forecasting, Unemployment, Double Brown Exponential, Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

PENDAHULUAN

Peramalan (*forecasting*) adalah suatu kegiatan yang bertujuan untuk memprediksi nilai-nilai suatu variabel di masa yang akan datang berdasarkan informasi yang telah diketahui dari variabel tersebut di masa lalu atau sekarang. (Makridakis., dkk 1995). Peramalan digunakan untuk mengantisipasi permasalahan yang akan terjadi dalam masa mendatang dan banyak digunakan dalam bidang ekonomi. Metode yang biasa digunakan adalah

metode pemulusan eksponensial (*exponential smoothing*).

Pemulusan eksponensial merupakan suatu teknik peramalan yang menggunakan pembobotan secara eksponensial terhadap nilai pengamatan yang lebih lama. Metode pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown (*Brown's one-parameter double exponential smoothing*), metode pemulusan ganda dua parameter dari Holt (*Holt's two-parameter double exponential smoothing*), dan metode pemulusan eksponensial tripel dari Winter (*Winter's three-*

parameter triple exponential smoothing). Disetiap metode terdapat satu sampai tiga parameter yang harus ditentukan. Setiap parameter yang ada mempunyai nilai antara nol dan satu.

Untuk mendapatkan prediksi yang akurat, pemilihan metode peramalan yang sesuai sangat penting. Dalam meramalkan tingkat pengangguran di kota Lamongan, penulis memutuskan untuk menggunakan metode pemulusan eksponensial ganda dengan pendekatan linear satu parameter yang dikembangkan oleh Brown. Prinsip dasar dari metode pemulusan eksponensial linear satu parameter yang dikembangkan oleh Brown mirip dengan rata-rata bergerak linear, karena melibatkan pembobotan tunggal dan ganda pada data historis. Dalam pendekatan ini, peramalan dilakukan melalui perhitungan berulang dengan memanfaatkan data terkini. Setiap data diberikan bobot, dengan memberikan bobot yang lebih besar pada data yang lebih baru. (Makridaris, 1993).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tingkat pengangguran di kota Lamongan jika dibandingkan dengan tahun 2021 sebesar 4,90%, sedangkan untuk tahun 2022 telah mencapai 6,05% naik sebesar 1,15%. Meningkatnya angka pengangguran ini relatif tinggi dan masih perlu menjadi perhatian yang berkaitan langsung dengan upaya seseorang untuk memenuhi kebutuhan dasarnya sehingga dapat hidup layak dan tidak menjadi beban sosial.

Penelitian sebelumnya (Devi Windasari Saragih, et al. 2018) pemilihan metode terbaik dalam meramalkan produksi kelapa sawit PTPN XIII Kalimantan Timur dari hasil penelitian metode terbaik yaitu metode pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown. Oleh karena itu metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown, data yang diambil adalah data tingkat pengangguran di kota Lamongan mulai dari tahun 2001 sampai tahun 2023 karena metode ini diharapkan dapat memberikan gambaran jumlah tingkat pengangguran di kota Lamongan di masa yang akan datang secara sistematis.

KAJIAN TEORI

1. Peramalan (*Forecasting*)

Menurut Handoko (1984) peramalan adalah sebagai usaha untuk meramalkan atau memprediksi

keadaan di masa yang akan datang dengan menggunakan data atau pengamatan keadaan di masa lalu.

2. Metode Peramalan

Metode peramalan adalah suatu pendekatan atau cara sistematis untuk memproyeksikan nilai-nilai di masa depan berdasarkan data historis yang telah dikumpulkan. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi pola atau *trend* dari data masa lalu dan menggunakan informasi untuk membuat estimasi atau prediksi mengenai apa yang mungkin terjadi di masa mendatang. Adapun Pada jenis-jenis metode peramalan dibedakan menjadi tiga, yaitu:

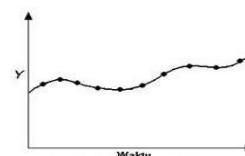
- 1) Metode pemulusan (*smoothing*)
- 2) Metode Box Jenkins,
- 3) Metode proyeksi *trend* dengan regresi

3. Pola Data

Pemilihan metode peramalan yang tepat sangat penting untuk memastikan hasil peramalan yang akurat dengan mempertimbangkan pola dari data tersebut, sehingga metode yang cocok dengan pola data tersebut dapat dilakukan pengujian. Terdapat 4 komponen yang mempengaruhi analisis yaitu (Ginting, 2007):

3.1 Pola Siklis (*Cycle*)

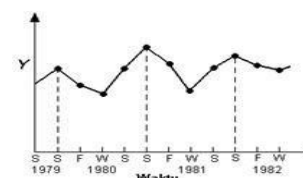
Pola siklis dalam konteks analisis deret waktu merujuk pada fluktuasi atau perubahan berulang dalam data yang memiliki periode waktu yang lebih panjang dari satu tahun dan tidak selalu berulang pada interval waktu yang sama.



Gambar 1. Pola Data Siklis

3.2 Pola Musiman (*Seasonal*)

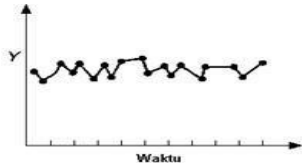
Pola musiman dalam konteks analisis deret waktu merujuk pada fluktuasi atau pola berulang yang terjadi dalam data pada interval waktu yang tetap, seperti harian, bulanan, atau tahunan.



Gambar 2. Pola Data Musiman

3.3 Pola Horizontal

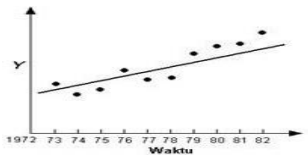
Dalam konteks analisis deret waktu, pola data horizontal memiliki rerata atau nilai rata-rata data cenderung tetap konstan sepanjang waktu, data tidak menunjukkan kecenderungan yang konsisten naik atau turun selama periode waktu yang diamati, tidak ada fluktuasi berulang pada interval waktu tertentu, seperti harian, bulanan, atau tahunan.



Gambar 3. Pola Data Horizontal

3.4 Pola Trend

Pola *trend* dalam konteks analisis deret waktu merujuk pada perubahan arah umum atau kecenderungan yang terjadi dalam data sepanjang waktu. Pola *trend* menunjukkan apakah data cenderung meningkat, menurun, atau tetap stabil seiring waktu.



Gambar 4. Pola Data Trend

4. Metode Pemulusan (*Smoothing*)

Menurut Makridakis, (1993) Metode pemulusan adalah salah satu metode peramalan yang menggunakan pembobotan yang menurun secara eksponensial terhadap nilai observasi yang lebih tua. Pada dasarnya, metode ini memberikan bobot yang lebih tinggi pada data terkini, sementara memberikan bobot yang semakin rendah pada data yang lebih lama. Secara umum metode pemulusan (*Smoothing*) dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bagian. Yaitu:

4.1 Metode Rerata (*Average*)

- Nilai Tengah (*Mean*)
- Rata-rata bergerak tunggal (*Single Moving Average*)
- Rata-rata bergerak ganda (*Double Moving Average*)
- Kombinasi rata-rata bergerak lainnya

4.2 Metode Pemulusan (*Smoothing*) Eksponensial

Pemulusan eksponensial (*exponential smooting*) merupakan suatu metode menunjukkan pembobotan menurun secara eksponensial terhadap nilai pengamatan yang lebih tua. Maka dari itu metode ini disebut prosedur *exponential smooting*. Seperti hal nya dengan *moving average*, metode *exponential smooting* terdiri atas tunggal, ganda, dan metode yang lebih rumit. Bentuk umum dari Metode Pemulusan (*Smoothing*) Eksponensial menurut Makridakis, Wheelwright dan McGee (2003) yaitu:

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

Keterangan

F_{t+1} = ramalan satu periode ke depan

X_t = data aktual pada periode ke t

F_t = ramalan periode ke t

α = parameter pemulusan

Bila bentuk umum tersebut diperluas maka akan berubah menjadi:

$$F_{t+1} = \alpha X_{t-1} + (1 - \alpha)X_t - 1 + \alpha(1 - \alpha)^n X_{t-(n-1)}$$

Dari pemulusan bentuk umum diatas dikatakan bahwa metode eksponensial pemulusan adalah sekelompok metode yang menunjukkan pembobotan secara eksponensial terhadap nilai observasi yang lebih tua dengan kata lain observasi yang baru diberikan bobot yang relative lebih besar dengan nilai observasi yang lebih tua.

5. Pemulusan Eksponensial Ganda Brown

Menurut Makridakis, (2003). Pemulusan eksponensial ganda (*Double Exponential Smoothing*) dari Brown adalah model linear yang dikemukakan oleh Brown. Metode ini digunakan saat data menunjukkan adanya *trend* yang merupakan estimasi yang disederhanakan dari pertumbuhan rata-rata pada akhir masing-masing periode. Dengan persamaan yang dipakai pada waktu berangkat dari rata-rata bergerak tunggal (*Single Moving Average*) ke pemulusan eksponensial tunggal (*Single Moving Average*) maka dapat pula berangkat dari rata-rata bergerak ganda (*Double Moving Average*) ke pemulusan eksponensial ganda (*Double Exponential Smoothing*). Perpindahan seperti itu mungkin menarik karena salah satu keterbatasan dari *Single Moving Average* yaitu(perlunya menyimpan n nilai terakhir) masih terdapat pada *Double Moving Average*. *Double Exponential Smoothing* dapat dihitung dengan tiga nilai data dan satu nilai untuk α . Pendekatan ini juga memberikan bobot yang semakin menurun pada observasi masa lalu. Dengan alasan ini *Double*

Exponential Smoothing lebih disukai daripada *Double Moving Average* sebagai suatu metode peramalan dalam berbagai kasus utama.

Dasar pemikiran dari Pemulusan eksponensial ganda Brown adalah serupa dengan *Double Moving Average* karena kedua *Single Smoothing* dan *Double Smoothing* ketinggalan dari data yang sebenarnya bilamana terdapat unsur *trend*. Perbedaan antara nilai *Single Smoothing* dan *Double Smoothing* ($S'_t - S''_t$) dapat ditambahkan dengan kepada nilai *Single Smoothing* (S'_t) dan disesuaikan untuk *trend*. Rumus yang dipakai dalam implemementasi *Double Exponential Smoothing* dari Brown sebagai berikut: (Makridakis, Wheelwright dan McGee, 2003).

1. Menentukan nilai pemulusan pertama (S'_t)

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

2. Menentukan nilai pemulusan kedua (S''_t)

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

3. Menentukan nilai konstanta (a_t)

$$a_t = 2S'_t - S''_t$$

4. Menentukan nilai slope (b_t)

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

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

$$F_{t+m} = a_t + b_{t,m}$$

Keterangan:

S'_t = nilai pemulusan eksponensial tunggal

S''_t = nilai pemulusan eksponensial ganda

a_t = parameter pemulusan eksponensial dengan nilai $0 < \alpha < 1$

b_t = konstanta pemulusan

X_t = nilai *real* periode t

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

Untuk dapat menggunakan rumus, maka nilai S'_{t-1} dan S''_{t-1} harus tersedia. Tetapi pada saat $t = 1$ nilai-nilai tersebut tidak tersedia. Karena nilai-nilai ini harus ditentukan pada awal periode, untuk mengatasi masalah ini dapat dilakukan masalah ini S'_1 dan S''_1 sama dengan nilai X_1 (data aktual).

Penentuan parameter (α) pada metode pemulusan eksponensial dari Brown nilai parameter ini didalam prakteknya hanya mengambil kisaran nilai yang terbatas, walaupun secara teoritis α dapat dianggap bernilai antara 0 dan 1 yang besar kecilnya nilai mempengaruhi seluruh proses peramalan. Cara menentukan nilai parameter α terbaik dapat dilakukan dengan menggunakan *trial and error* (Ahmad farisyah., dkk 2019).

6. Pengangguran

Pengertian pengangguran menurut Badan Pusat Statistik (BPS) dalam indikator ketenagakerjaan, pengangguran adalah penduduk yang tidak bekerja namun sedang mencari pekerjaan atau sedang mempersiapkan suatu usaha baru atau penduduk yang tidak mencari pekerjaan karena sudah diterima bekerja tetapi belum mulai bekerja. Pengangguran dianggap sebagai masalah serius dalam perekonomian, karena dengan adanya pengangguran produktivitas dan pendapatan masyarakat berkurang sehingga menyebabkan timbulnya kemiskinan, kesenjangan sosial, dan dapat menghambat pertumbuhan ekonomi jangka panjang.

7. Gambaran Umum Kota Lamongan

Secara geografis Kabupaten Lamongan terletak pada 6°51' - 7°23' Lintang Selatan dan 112°33' - 112°34' Bujur Timur. Kabupaten Lamongan memiliki luas wilayah kurang lebih 1.812,8 km² atau ± 3.78% dari luas wilayah Provinsi Jawa Timur. Dengan panjang garis pantai sepanjang 47 km, maka wilayah perairan laut Kabupaten. Batas wilayah administratif Kabupaten Lamongan adalah: Sebelah Utara berbatasan dengan Laut Jawa, sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Gresik, sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Jombang dan Kabupaten Mojokerto, sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Bojonegoro dan Kabupaten Tuban.

8. Ukuran Akurasi Hasil Peramalan

Ukuran akurasi hasil peramalan mengacu pada parameter atau matriks yang menilai tingkat perbedaan atau kesalahan antara hasil peramalan dengan permintaan yang sebenarnya terjadi. Dalam konteks peramalan, beberapa ukuran akurasi umum digunakan untuk mengevaluasi seberapa baik suatu model atau metode peramalan dapat memprediksi nilai yang sesuai dengan realitas. Ada 4 ukuran yang biasa digunakan, yaitu:

1. Rata - rata deviasi mutlak (*Mean Absolute Deviation* = MAD)

Secara sistematis, rumus MAD dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MAD = \sum \left| \frac{X_t - F_t}{n} \right|$$

Keterangan:

X_t = Permintaan aktual pada periode t

F_t = Peramalan permintaan pada periode t

n = Jumlah periode peramalan yang terlibat

2. Rata - rata kuadrat kesalahan (*Mean Square Error* = MSE)

Secara matematis, MSE dirumuskan sebagai berikut:

$$MSE = \sum \frac{(X_t - F_t)^2}{n}$$

Keterangan:

X_t = Permintaan aktual pada periode t

F_t = Peramalan permintaan pada periode t

n = Jumlah periode peramalan yang terlibat

3. Rata - rata kesalahan peramalan (*Mean Forecast Error* = MFE)

Secara sistematis dirumuskan sebagai berikut:

$$MFE = \sum \frac{(X_t - F_t)}{n}$$

Keterangan:

X_t = Permintaan aktual pada periode t

F_t = Peramalan permintaan pada periode t

n = Jumlah periode peramalan yang terlibat

4. Rata - rata persentase kesalahan mutlak (*Mean Absolute Percentage Error* = MAPE)

Secara sistematis dirumuskan sebagai berikut:

$$MAPE = \left(\frac{100}{n} \right) \sum \frac{|X_t - F_t|}{X_t}$$

Keterangan:

X_t = Permintaan aktual pada periode t

F_t = Peramalan permintaan pada periode t

n = Jumlah periode peramalan yang terlibat

METODE

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif karena mengandalkan data yang dapat diukur untuk menghasilkan penaksiran kuantitatif, dengan pendekatan deskriptif. Pendekatan deskriptif kuantitatif adalah suatu metode yang menggambarkan data yang sudah ada dan kemudian diatur kembali untuk dijelaskan dan dianalisis.

2. Metode Analisis Data

- Langkah awal analisis data dalam penelitian ini adalah Mengidentifikasi pola data untuk melihat apakah data jumlah tingkat pengangguran memiliki kecenderungan (*trend*).

- Menentukan parameter pemulusan a yang besarnya $0 < \alpha < 1$ dengan cara *trial and error* untuk mengukur akurasi digunakan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).
- Melakukan perhitungan nilai pemulusan tunggal dan ganda disetiap periode.
- Menentukan bentuk persamaan peramalan yang akan digunakan untuk meramalkan periode ke depan.
- Setelah didapatkan model peramalan yang akan digunakan, langkah selanjutnya melakukan peramalan tingkat pengangguran untuk periode ke depan.
- Menghitung kesalahan peramalan, ukuran akurasi hasil peramalan kesalahan yang digunakan untuk melihat ketelitian pada penelitian ini adalah MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).
- Melakukan interpretasi terhadap tingkat pengangguran dari model peramalan yang digunakan.
- Kesimpulan yang diperoleh dari hasil intepretasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengumpulan Data

Data yang akan dianalisis dalam penelitian ini adalah tingkat pengangguran oleh Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, khususnya untuk Kabupaten Lamongan mencakup periode tahun 2001 hingga 2023. Adapun data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Data Tingkat Pengangguran Kabupaten Lamongan

Tahun	Tingkat Pengangguran Kabupaten Lamongan
2001	2,73
2002	2,21
2003	5,03
2004	3,93
2005	3,4
2006	5,67
2007	6,31
2008	6,3
2009	4,92
2010	3,62
2011	6,14

2012	4,75
2013	4,93
2014	4,3
2015	4,1
2016	3,88
2017	4,12
2018	3,1
2019	3,89
2020	5,13
2021	4,9
2022	6,05
2023	5,46

Sumber: Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur

2. Analisis Data dengan Metode Pemulusan

Ekspensial Ganda Brown

Peramalan dengan metode pemulusan ekspensial ganda Brown ini dilakukan dua kali pemulusan dan kemudian dilakukan peramalan. Namun sebelumnya, harus menentukan nilai satu parameter pemulusan yaitu α untuk memuluskan data aktual deret berkala. Dalam menentukan parameter pemulusan α yang besarnya adalah $0 < \alpha < 1$ yang dicari dengan cara *trial and error* dan dipilih berdasarkan nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) paling minimum. Karena tidak ada dasar yang obyektif dalam menentukan besarnya parameter α yang digunakan, maka dalam penelitian ini parameter α yang ditentukan ialah 1 angka di belakang desimal. Nilai yang ditentukan adalah 0,1 sampai dengan 0,9.

Dari tabel di atas maka dapat dibuat peramalan tingkat pengangguran di kota Lamongan pada tahun yang akan mendatang. Dalam penyelesaian menggunakan metode pemulusan ekspensial ganda Brown ada beberapa langkah yang dilakukan sesuai rumus yang ditentukan, yaitu sebagai berikut.

1. Menentukan nilai pemulusan pertama (S'_t)

Pertama yang harus dilakukan dalam menentukan nilai pemulusan pertama yaitu menggunakan pemulusan ekspensial tunggal (*single exponential smoothing*) dengan nilai parameter $\alpha = 0,1$ dan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

➤ Untuk $t = 1$ (2001)

Pada saat $t = 1$ nilai S'_t belum tersedia, maka dalam mengatasi masalah ini dapat dilakukan dengan menetapkan nilai $S'_1 = X_1$ yaitu sebesar 2,73.

➤ Untuk $t = 2$ (2002)

$$\begin{aligned} S'_2 &= \alpha X_2 + (1 - \alpha)S'_{2-1} \\ &= (0,1 \times 2,21) + (1 - 0,1)2,73 \\ &= 2,678 \end{aligned}$$

➤ Untuk $t = 3$ (2003)

$$\begin{aligned} S'_3 &= \alpha X_3 + (1 - \alpha)S'_{3-1} \\ &= (0,1 \times 5,03) + (1 - 0,1)2,678 \\ &= 2,9132 \end{aligned}$$

Seterusnya sampai perhitungan S'_t untuk $t = 4$ (Tahun 2004) sampai dengan $t = 23$ (Tahun 2023) dengan melakukan perhitungan yang sama.

2. Menentukan nilai pemulusan kedua (S''_t)

Untuk menentukan nilai pemulusan kedua melakukan perhitungan *double exponential smoothing* dengan memperhatikan besarnya nilai pemulusan pertama dengan menggunakan persamaan berikut:

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

➤ Untuk $t = 1$ (2001)

Pada saat $t = 1$ nilai S''_t belum tersedia, maka dalam mengatasi masalah ini dapat dilakukan dengan menetapkan nilai $S''_1 = X_1$ yaitu sebesar 2,73.

➤ Untuk $t = 2$ (2002)

$$\begin{aligned} S''_2 &= \alpha S'_2 + (1 - \alpha)S''_{2-1} \\ &= (0,1 \times 2,678) + (1 - 0,1)2,73 \\ &= 2,7248 \end{aligned}$$

➤ Untuk $t = 3$ (2003)

$$\begin{aligned} S''_3 &= \alpha S'_3 + (1 - \alpha)S''_{3-1} \\ &= (0,1 \times 2,9132) + (1 - 0,1)2,7248 \\ &= 2,74364 \end{aligned}$$

Seterusnya sampai perhitungan S''_t untuk $t = 4$ (Tahun 2004) sampai dengan $t = 23$ (Tahun 2023) dengan melakukan perhitungan yang sama.

3. Menentukan nilai konstanta (a_t)

Setelah melakukan perhitungan nilai pemulusan pertama dan nilai pemulusan kedua selanjutnya menghitung nilai konstanta (a_t) dengan persamaan sebagai berikut:

$$a_t = 2S'_t - S''_t$$

➤ Untuk $t = 1$ (2001)

$$\begin{aligned} a_1 &= 2S'_1 - S''_1 \\ &= (2 \times 2,73) - 2,73 \\ &= 2,73 \end{aligned}$$

➤ Untuk $t = 2$ (2002)

$$\begin{aligned} a_2 &= 2S'_2 - S''_2 \\ &= (2 \times 2,678) - 2,7248 \\ &= 2,6312 \end{aligned}$$

➤ Untuk $t = 3$ (2003)

$$\begin{aligned} a_3 &= 2S'_3 - S''_3 \\ &= (2 \times 2,9132) - 2,74364 \\ &= 3,08276 \end{aligned}$$

Seterusnya sampai perhitungan a_t untuk $t = 4$ (Tahun 2004) sampai dengan $t = 23$ (Tahun 2023) dengan melakukan perhitungan yang sama.

4. Menentukan nilai slope (b_t)

Menentukan nilai slope (b_t) menggunakan persamaan berikut:

$$b_t = \frac{a}{1-a} \{S'_t - S''_t\}$$

➤ Untuk $t = 1$ (2001)

$$\begin{aligned} b_1 &= \frac{0,1}{1-0,1} \{S'_1 - S''_1\} \\ &= \frac{0,1}{0,9} \{2,73 - 2,73\} \\ &= 0 \end{aligned}$$

➤ Untuk $t = 2$ (2002)

$$\begin{aligned} b_2 &= \frac{0,1}{1-0,1} \{S'_2 - S''_2\} \\ &= \frac{0,1}{0,9} \{2,678 - 2,7248\} \\ &= -0,0052 \end{aligned}$$

➤ Untuk $t = 3$ (2003)

$$\begin{aligned} b_3 &= \frac{0,1}{1-0,1} \{S'_3 - S''_3\} \\ &= \frac{0,1}{0,9} \{2,9132 - 2,74364\} \\ &= 0,01884 \end{aligned}$$

Seterusnya sampai perhitungan b_t untuk $t = 4$ (Tahun 2004) sampai dengan $t = 23$ (Tahun 2023) dengan melakukan perhitungan yang sama.

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

Selanjutnya untuk mencari nilai peramalan (F_{t+m}) dimulai dari tahun ke-2 menggunakan persamaan berikut:

$$F_{t+m} = a_t - b_{t.m}$$

➤ Untuk $t = 2$ (2002)

$$F_{2+1} = a_2 - b_{2.1}$$

$$\begin{aligned} &= 2,6312 - (-0,0052) \times 1 \\ &= 2,6364 \end{aligned}$$

➤ Untuk $t = 3$ (2003)

$$\begin{aligned} F_{3+1} &= a_3 - b_{3.1} \\ &= 3,08276 - (0,01884) \times 1 \\ &= 3,06392 \end{aligned}$$

Seterusnya sampai perhitungan F_{t+m} untuk $t = 4$ (Tahun 2004) sampai dengan $t = 23$ (Tahun 2023) dengan melakukan perhitungan yang sama.

Dengan menggunakan langkah-langkah perhitungan yang sama, maka dapat ditentukan nilai peramalan tingkat pengangguran di kota Lamongan menggunakan metode pemulusan eksponensial ganda Brown dimasa yang akan datang dengan nilai parameter $\alpha = 0,2$ sampai dengan nilai parameter $\alpha = 0,9$.

3. Pemilihan Parameter α Terbaik

Dalam penelitian ini pemilihan parameter α terbaik dipilih berdasarkan nilai terkecil MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). Nilai parameter yang ditentukan adalah 0,1 sampai dengan 0,9. Semakin kecil nilai MAPE yang didapat, maka nilai taksiran semakin mendekati nilai sebenarnya, atau metode yang dipakai merupakan metode yang terbaik (Pujiati *et al*, 2016). Kesalahan presentase dari suatu peramalan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$PE_t = \left(\frac{X_t - F_t}{X_t} \right) 100\%$$

Dimana:

PE_t = Kesalahan presentasinya (*percentage error*)

X_t = Nilai aktual untuk periode t

F_t = Nilai ramalan periode t

Dengan $a = 0.1$ untuk periode ke-2 (tahun 2002) adalah:

$$\begin{aligned} PE_2 &= \left(\frac{X_2 - F_2}{X_2} \right) 100\% \\ &= \left(\frac{2,21 - 2,6364}{2,21} \right) 100\% \\ &= -0,19294\% \end{aligned}$$

Seterusnya sampai perhitungan PE_t sampai dengan $t = 23$ (tahun 2023).

Setelah dicari nilai *percentage error*, maka selanjutnya adalah mencari nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dengan menggunakan persamaan berikut:

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

Dengan $\alpha = 0,1$ dan $n = 23$, analisis kesalahannya adalah:

$$\begin{aligned} MAPE &= \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |PE_t| \\ &= \frac{1,008151988\%}{23} \\ &= 0,0438327\% \end{aligned}$$

Tabel 2. Nilai MAPE untuk parameter $\alpha = 0,1$ sampai dengan $\alpha = 0,9$

Parameter α	MAPE (<i>Mean Absolute Percentage Error</i>)
0.1	0,0438327%
0.2	0,0281101%
0.3	0,0188383%
0.4	0,014527%
0.5	0,013305%
0.6	0,0144407%
0.7	0,018046%
0.8	0,0250197%
0.9	0,0375472%

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai α yang memiliki nilai MAPE terkecil adalah parameter $\alpha = 0,5$ dengan nilai MAPE = 0,013305%, sehingga dapat dilakukan peramalan dengan Metode Pemulusan Eksponensial Ganda Brown dengan Parameter $\alpha = 0,5$.

4. Peramalan Tingkat Pengangguran Di Kota Lamongan Menggunakan Metode Pemulusan Eksponensial Ganda Brown

Setelah dilakukan perhitungan nilai pemulusan pertama, nilai pemulusan kedua, nilai konstanta, dan nilai *slope* dengan menggunakan nilai parameter $\alpha = 0,5$ selanjutnya melakukan perhitungan nilai peramalan dengan parameter $\alpha = 0,5$.

Gambar 5. tabel Nilai *Percentage Error* dengan Parameter $\alpha = 0,5$ pada Peramalan Tingkat Pengangguran Di Kota Lamongan Menggunakan Metode Pemulusan Eksponensial Ganda Brown

Tahun	Periode	Tingkat Pengangguran A_t	S_t'	S_t''	a_t	b_t	F_{t+m}	PE_t	$ PE_t $
2001	1	2,73	2,73	2,73	2,73	0	2,73	0	0
2002	2	2,21	2,47	2,6	2,34	-0,13	2,47	-0,11765	0,01384083
2003	3	5,03	3,75	3,175	4,325	0,575	3,75	0,254473	0,06475699
2004	4	3,93	3,84	3,5075	4,1725	0,3325	3,84	0,022901	0,000524445
2005	5	3,4	3,62	3,56375	3,67625	0,05625	3,62	-0,06471	0,004186851
2006	6	5,67	4,645	4,104375	5,185625	0,540625	4,645	0,180776	0,032679967
2007	7	6,31	5,4775	4,790938	6,164063	0,686563	5,4775	0,131933	0,017406432
2008	8	6,3	5,88875	5,339844	6,437656	0,548906	5,88875	0,065278	0,004261188
2009	9	4,92	5,404375	5,372109	5,436641	0,032266	5,404375	-0,09845	0,009692443
2010	10	3,62	4,512188	4,942148	4,082227	-0,42996	4,512188	-0,24546	0,060742845
2011	11	6,14	5,326094	5,134121	5,518066	0,191973	5,326094	0,132558	0,017571629
2012	12	4,75	5,038047	5,086084	4,99001	-0,04804	5,038047	-0,06064	0,003677385
2013	13	4,93	4,984023	5,055054	4,932993	-0,05103	4,984023	-0,01096	0,00012008
2014	14	4,3	4,642012	4,838533	4,445491	-0,19652	4,642012	-0,07954	0,006326231
2015	15	4,1	4,371006	4,604769	4,137242	-0,23376	4,371006	-0,0661	0,004369076
2016	16	3,88	4,125503	4,365136	3,88587	-0,23963	4,125503	-0,06327	0,004003593
2017	17	4,12	4,122751	4,243944	4,001559	-0,12119	4,122751	-0,00067	4,459999E-07
2018	18	3,1	3,611376	3,92766	3,295092	-0,31628	3,611376	-0,16496	0,027211773
2019	19	3,89	3,750688	3,839174	3,662202	-0,08849	3,750688	0,035813	0,001282563
2020	20	5,13	4,440344	4,139759	4,740929	0,300583	4,440344	0,134436	0,018073006
2021	21	4,9	4,670172	4,404965	4,935379	0,265207	4,670172	0,046904	0,002199955
2022	22	6,05	5,360086	4,882526	5,837646	0,47756	5,360086	0,114035	0,013004067
2023	23	5,46	5,410043	5,146284	5,673802	0,263759	5,410043	0,00915	8,37158E-05
Jumlah									0,306015112

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 3 maka dapat dilakukan menghitung nilai peramalan tingkat pengangguran di kota Lamongan di masa yang akan datang. Persamaan peramalan menggunakan persamaan $F_{t+m} = a_t - b_{t.m}$ dimana nilai a_t dan b_t diambil dari Tabel 3 Tahun 2023.

Berdasarkan data terakhir yang diperoleh dapat dibuat peramalan untuk tahun berikutnya, yaitu:

1. Peramalan untuk periode ke-24 (Tahun 2024) ($m = 1$)

$$F_{t+m} = a_t - b_{t.m}$$

$$F_{2023+1} = a_{2023} - b_{2023.1}$$

$$F_{2023+1} = 5,673802 - (0,263759 \times 1)$$

$$F_{2024} = 5,673802 - 0,263759$$

$$F_{2024} = 5,410043$$

2. Peramalan untuk periode ke-25 (Tahun 2025) ($m = 2$)

$$F_{t+m} = a_t - b_{t.m}$$

$$F_{2023+2} = a_{2023} - b_{2023.2}$$

$$F_{2023+2} = 5,673802 - (0,263759 \times 2)$$

$$F_{2025} = 5,673802 - 0,527518$$

$$F_{2025} = 5,146284$$

3. Peramalan untuk periode ke-26 (Tahun 2026) ($m = 3$)

$$F_{t+m} = a_t - b_{t.m}$$

$$F_{2023+3} = a_{2023} - b_{2023.3}$$

$$F_{2023+3} = 5,673802 - (0,263759 \times 3)$$

$$\begin{aligned} F_{2026} &= 5,673802 - 0,791277 \\ F_{2026} &= 4,882525 \end{aligned}$$

4. Peramalan untuk periode ke-27 (Tahun 2027)
($m = 4$)

$$F_{t+m} = a_t - b_{t,m}$$

$$F_{2023+4} = a_{2023} - b_{2023,4}$$

$$F_{2023+4} = 5,673802 - (0,263759 \times 4)$$

$$F_{2027} = 5,673802 - 1,055036$$

$$F_{2027} = 4,618766$$

5. Peramalan untuk periode ke-28 (Tahun 2028)
($m = 5$)

$$F_{t+m} = a_t - b_{t,m}$$

$$F_{2023+5} = a_{2023} - b_{2023,5}$$

$$F_{2023+5} = 5,673802 - (0,263759 \times 5)$$

$$F_{2028} = 5,673802 - 1,318795$$

$$F_{2028} = 4,355036$$

Dari hasil peramalan yang telah dilakukan, diketahui bahwa tingkat pengangguran di kota Lamongan untuk lima tahun kedepan mengalami penurunan setiap tahunnya.

PENUTUP

SIMPULAN

Perhitungan dengan metode pemulusan eksponensial ganda Brown menghasilkan nilai parameter α terbaik yang diperoleh untuk peramalan tingkat pengangguran di kota Lamongan di masa yang akan datang adalah $\alpha = 0,5$. dengan memperoleh nilai MAPE = 0,013305% yang dipilih secara *trial and error*. Dengan bentuk persamaan peramalan yang digunakan adalah $F_{t+m} = a_t - b_{t,m}$, perhitungan menggunakan aplikasi Microsoft Office Excel. Hasil peramalan tingkat pengangguran di kota Lamongan untuk lima tahun kedepan bisa dilihat pada tabel 5.1 adalah:

Tabel 4. Hasil Peramalan Tingkat Pengangguran di Kota Lamongan untuk periode lima tahun kedepan

No	Tahun	Hasil Peramalan Tingkat Pengangguran di Kota Lamongan
1	2024	5,410043
2	2025	5,146284
3	2026	4,882525
4	2027	4,618766

5	2028	4,355036
---	------	----------

Dari hasil peramalan tingkat pengangguran di kota Lamongan menggunakan metode pemulusan eksponensial ganda dari Brown dengan nilai parameter $\alpha = 0.5$ menunjukkan bahwa peramalan untuk lima tahun kedepan mengalami penurunan setiap tahunnya.

SARAN

Berdasarkan dari hasil pembahasan dan kesimpulan yang telah diberikan, maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya menggunakan metode pemulusan eksponensial ganda Brown untuk meramalkan tingkat pengangguran di kota Lamongan sehingga diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode pemulusan eksponensial yang lain.
2. Kepada pemerintah daerah untuk mengambil langkah proaktif dalam menciptakan lebih banyak lapangan pekerjaan di kota Lamongan. Tujuannya adalah untuk mencegah kenaikan angka pengangguran di masa depan dan untuk memastikan bahwa semakin banyak pekerjaan yang tersedia, semakin rendah tingkat pengangguran di kota Lamongan.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS. Lamongan Dalam Angka Pengangguran 2023. Lamongan: Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur.
- Devi Windasari Saragih, et al. 2018. *Pemilihan metode terbaik dalam meramalkan produksi kelapa sawit PTPN XIII Kalimantan Timur*: Fakultas MIPA, Universitas Islam Bandung.
- Ginting, Rosnani. (2007). *Sistem Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Handoko, Hani T., 1984. *Dasar-Dasar Manajemen Produksi dan Operasi*. BPFE. Yogyakarta
- Makridakis, Spyros, Wheelwright, Steven & McGee, Victor. 1993. *Edisi Kedua, Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta: Erlangga.
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C., & McGee, V.E. (1995). *Metode dan Aplikasi Peramalan*.

Adriyanto, U.S., Basith, A., penerjemah
Jakarta (ID): Erlangga. Terjemahaan dari:
Forecasting 2nd Edition
Makridakis, S., Wheelwright, S.C., & McGee, V.E.
2003. *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Jilid
1. Edisi Revisi Hari Jakarta: Binarupa
Aksara.