



Penerapan *Exponential Smoothing* Pada Laju Pertumbuhan PDRB Atas Dasar Harga Konstan Menurut Lapangan Usaha Provinsi Jawa Tengah

Iin Nasichah^{a,*}, Mashuri^b

^{a,b} Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Sekaran, Semarang 50229, Indonesia

* Alamat Surel: iinnasiach@gmail.com

Abstrak

Kondisi perekonomian suatu daerah dapat dilihat dari pertumbuhan ekonomi daerah tersebut. Semakin tinggi pertumbuhan ekonomi semakin kokoh kondisi perekonomiannya. Menurut data BPS Provinsi Jawa Tengah, perekonomian di Jawa Tengah menunjukkan angka pertumbuhan 5,04% (yoy) pada kuartal I 2023, yang menunjukkan pertumbuhan terendah selama enam kuartal. Salah satu cara mengetahui fluktuasi Laju Pertumbuhan PDRB adalah menggunakan teknik peramalan. Data yang digunakan dalam penelitian adalah Laju Pertumbuhan PDRB Atas Dasar Harga Konstan Menurut Lapangan Usaha Provinsi Jawa Tengah dari Kuartal I 2014 hingga kuartal II 2023. Metode yang digunakan adalah pemulusan eksponensial dengan menentukan parameter terbaik dari setiap metode. Hasil Penelitian Menunjukkan bahwa metode yang dapat memberikan peramalan terbaik adalah metode Triple Exponential Smoothing dengan parameter alpha 0,29, beta 0,7 dan gamma 0,68 didapatkan nilai RMSE 2,68 dan MAE 1,24. Nilai peramalan yang dihasilkan pada Triwulan III 2023 sampai dengan Triwulan II 2024 secara berturut-turut adalah 5,175; 5,171; 4,736; dan 5,497.

Kata kunci:

PDRB, Peramalan. *Exponential Smoothing*

© 2024 Dipublikasikan oleh Jurusan Matematika, Universitas Negeri Semarang

1. Pendahuluan

Kondisi perekonomian pada suatu daerah dapat dilihat dari pertumbuhan ekonomi yang dimiliki daerah tersebut. Semakin tinggi pertumbuhan ekonomi semakin kokoh pula kondisi perekonomiannya. Oleh karena itu, Unit-unit ekonomi yang terkait dengan pendapatan nasional akan mengalami peningkatan seiring dengan dampak dari pertumbuhan ekonomi (Hardi et al., 2019). Salah satu faktor krusial dalam menilai situasi ekonomi pada suatu wilayah atau daerah dalam jangka waktu tertentu adalah data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) atas dasar harga berlaku dan juga atas dasar harga konstan.

Menurut data BPS Provinsi Jawa Tengah serta report dari (CNBC Indonesia, 2023) bahwa perekonomian di Jawa Tengah menunjukkan angka pertumbuhan di 5,04% (yoy) pada kuartal I 2023 dimana pertumbuhan ini merupakan pertumbuhan terendah selama enam kuartal. Selain itu, perekonomian di Jawa Tengah juga terus melandai dalam empat kuartal terakhir. Perekonomian tersebut menurun dari 5,62% pada kuartal II 2022 menjadi 5,04% pada kuartal I 2023. Salah satu metode yang bisa digunakan untuk memprediksi apakah Laju Pertumbuhan PDRB Provinsi Jawa Tengah akan mengalami pertumbuhan atau penurunan di masa depan adalah dengan menggunakan teknik peramalan.

Peramalan dapat dibagi berdasarkan jangka waktunya menjadi dua yaitu peramalan jangka panjang dan peramalan jangka pendek. Peramalan jangka panjang digunakan untuk meramalkan hasil dengan jangka waktu lebih dari satu setengah tahun atau tiga semester. Fokus peramalan jangka panjang adalah pada perencanaan dan dasar yang lebih mendalam. Di sisi lain, peramalan jangka pendek digunakan untuk meramalkan hasil dengan jangka waktu kurang dari satu setengah tahun atau tiga semester (Anwar & Puspa, 2015).

Peramalan jangka pendek dapat dilakukan melalui beberapa metode, salah satunya yaitu dengan metode *Exponential Smoothing*. metode *Exponential Smoothing* sendiri dibagi menjadi *Single*

To cite this article:

Nasichah, I., & Mashuri. (2024). Penerapan *Exponential Smoothing* Pada Laju Pertumbuhan PDRB Atas Dasar Harga Konstan Menurut Lapangan Usaha Provinsi Jawa Tengah . *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika* 7, 684-693.

Exponential Smoothing, *Double Exponential Smoothing*, dan *Triple Exponential Smoothing*. Pemulusan eksponensial umumnya dianggap sebagai metode ekonomis yang memberikan peramalan yang akurat dalam berbagai aplikasi. Selain itu, karena metode pemulusan eksponensial membutuhkan penyimpanan data dan komputasi minimal, pemulusan eksponensial menjadi pilihan yang tepat untuk aplikasi waktu nyata.

Penelitian sebelumnya yang membahas mengenai peramalan pertumbuhan ekonomi adalah penelitian dari Fransiska. Dalam penelitian ini dilakukan peramalan pertumbuhan ekonomi di Provinsi Bengkulu menggunakan Single Moving Average, Single Exponential Smoothing, dan kemudian merata-ratakan kedua metode tersebut menggunakan Ensemble. Untuk diketahui metode peramalan terbaik berdasarkan MAPE terkecil. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh metode terbaik yang digunakan untuk meramalkan pertumbuhan ekonomi Provinsi Bengkulu adalah metode Single Moving Average dengan $m=4$ dan diperoleh MAPE sebesar 1,779416% (Fransiska, 2022).

Selanjutnya yaitu penelitian dari Juliono & Pasya mengenai peramalan PDRB atas dasar harga konstan menurut pengeluaran menggunakan metode *Double Exponential Smoothing*. Tujuan penelitian ini adalah untuk memprediksi atau meramalkan PDRB atas dasar harga konstan menurut pengeluaran Kabupaten Pringsewu pada tahun 2021. Data yang diperoleh dari hasil penelitian akan dianalisis menggunakan metode *forecasting double exponential smoothing*. Hasil analisis *forecasting* didapat sebesar 8.040.262,88 pada periode tahun 2021 dengan nilai MSE pada rentang α (0,31 -0,39) sebesar 25.163.409.398,45.

Peramalan tidak hanya digunakan pada data pertumbuhan ekonomi, di masa sekarang peramalan telah banyak digunakan pada beberapa kasus. Diantaranya yaitu untuk memprediksi inflasi di Indonesia. Proses peramalan dilakukan dengan metode *Moving Average*, *Single Exponential Smoothing*, dan *Double Exponential Smoothing*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui metode peramalan terbaik yang dapat meramalkan inflasi di Indonesia. Data yang digunakan adalah data inflasi Januari 2015 hingga Mei 2020. Hasil peramalan menunjukkan bahwa metode yang paling baik dilihat dari MAPE, MAD dan MSD adalah *single exponential smoothing* dengan hasil peramalan pada Agustus 2020 sebesar 1,41746%.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penerapan Metode Single Exponential Smoothing, Double Exponential Smoothing, dan Triple Exponential Smoothing mana yang dapat memberikan peramalan terbaik pada Laju Pertumbuhan PDRB Atas Harga Konstan Menurut Lapangan Usaha Provinsi Jawa Tengah berdasarkan nilai kesalahan terkecil, dan juga untuk mengetahui nilai peramalan Laju Pertumbuhan PDRB Atas Harga Konstan Menurut Lapangan Usaha Provinsi Jawa Tengah pada empat periode selanjutnya berdasarkan metode terbaik.

1.1. Produk Domestik Regional Bruto

PDRB (Produk Domestik Regional Bruto) adalah indikator ekonomi yang menghitung nilai keseluruhan dari semua barang dan jasa yang dihasilkan di suatu wilayah (seperti negara bagian atau provinsi) selama periode tertentu. PDRB mencakup semua nilai tambah yang dihasilkan oleh semua sektor ekonomi dalam wilayah tersebut. Menurut report yang dipublikasikan oleh (Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah, 2022) PDRB merupakan salah satu dari neraca wilayah yang memiliki tiga macam pendekatan dalam metode penghitungannya yaitu: metode produksi, metode pengeluaran, dan metode pendapatan.

Menurut (Arifin, 2009) PDRB merupakan salah satu tolak ukur yang penting untuk menggambarkan keadaan ekonomi dan kemajuan pembangunan di Provinsi atau Kabupaten/Kota selama periode tertentu, baik yang dihitung menggunakan harga berlaku atau dihitung menggunakan harga konstan. PDRB atas dasar harga berlaku dihitung dengan menambahkan nilai dari barang dan jasa berdasarkan harga yang berlaku pada tahun yang sedang berlangsung, sedangkan PDRB atas dasar harga konstan menggambarkan nilai tambah barang dan jasa tersebut yang dihitung menggunakan harga yang berlaku pada satu tahun tertentu sebagai tahun dasar. PDRB atas dasar harga konstan digunakan untuk mengidentifikasi pertumbuhan ekonomi sebenarnya dari tahun ke tahun atau pertumbuhan ekonomi yang tidak terpengaruh oleh fluktuasi harga.

1.2. Peramalan

Peramalan merupakan seni atau ilmu yang digunakan untuk memprediksi peristiwa yang akan terjadi di masa depan. Proses peramalan melibatkan penggunaan data dari masa lalu dan mengaplikasikannya ke periode mendatang melalui berbagai model matematika (Akhmad, 2018). Selain itu, Peramalan yang ditingkatkan dengan menggunakan perkembangan teknologi dapat dihasilkan untuk memberikan informasi yang penting bagi pengambilan keputusan krusial di berbagai bidang oleh para manajer, pejabat publik, investor, dan para pembuat keputusan lainnya (Petropoulos et al., 2022).

1.3. Exponential Smoothing

Penggunaan metode *exponential* yang cocok bergantung pada elemen-elemen yang terdapat dalam deret waktu. Sebagai contoh, jika tidak ada tren atau pola musiman yang jelas, bentuk paling sederhana dari metode pemulusan eksponensial dikenal sebagai *Simple* (atau *Single*) *Exponential Smoothing* (SES). Estimasi parameter pemulusan biasanya dibatasi pada nilai antara 0 dan 1 (Petropoulos et al., 2022).

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

Dimana :

S'_t = nilai peramalan dengan Single Exponential Smoothing

x_t = nilai aktual data ke t

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

Berbeda dengan *Single Exponential Smoothing*, metode *Double Exponential Smoothing Holt* dapat memungkinkan untuk meramalkan data yang tidak memiliki interval waktu yang teratur (Cipra, 2006). Penerapan peramalan dengan pemulusan eksponensial linier Holt didapat dengan menggunakan dua konstan pemulusan atau dua parameter pemulusan yaitu alpha dan beta dimana nilai dari beta dapat mengatasi unsur acak pada data melalui pemulusan tren pada periode terakhir (Anwar & Puspa, 2015).

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

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (2)$$

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

Dimana :

S_t = Level pemulusan pada periode t

T_t = trend pemulusan pada periode t

X_t = data aktual

S_{t-1} = data pemulusan pada periode sebelum t

T_{t-1} = trend pemulusan pada periode sebelum t

F_{t+m} = peramalan pada periode t

Menurut (Anwar & Puspa, 2015) metode ini lebih tepat untuk digunakan pada data yang memiliki komponen musiman atau sifat berulang dalam interval tertentu. Metode ini merupakan suatu teknik yang diterapkan dalam meratakan tren dan komponen musiman dalam data. Metode winter merujuk pada tiga persamaan utama untuk meratakan komponen stationer, tren, dan musiman. Konsep tersebut mirip dengan metode holt, namun dengan tambahan satu persamaan ekstra untuk menangani komponen musiman. Persamaan dasar dalam metode winter dirumuskan seperti berikut ini:

$$L_t = \alpha(X_t - S_{t-L}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (4)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (5)$$

$$S_t = \gamma(X_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-1} \quad (6)$$

$$F_{t+m} = (L_t + T_t \cdot m)S_{t-L+m}$$

Dimana :

L_t = Level pemulusan pada periode t

X_t = Nilai aktual pada periode t

T_t = Trend Pemulusan pada waktu t

S_t = musiman pemulusan pada periode t

S_{t-L} = nilai musiman pada periode sebelumnya

S_{t-1} = nilai musiman pada waktu sebelumnya

L_{t-1} = nilai level pada waktu sebelumnya

T_{t-1} = nilai trend pada waktu sebelumnya

F_{t+m} = nilai peramalan

m = nilai/ periode yang akan diramal

1.4. Nilai Kesalahan

Suatu peramalan dianggap optimal ketika nilai yang diprediksi untuk variabel sesuai dengan nilai sebenarnya. Untuk mendapatkan hasil yang akurat, diharapkan bahwa kesalahan dalam peramalan memiliki nilai yang paling kecil. Kesalahan ini tak hanya terkait dengan pemilihan metode, tetapi juga bisa berasal dari keterbatasan data yang diamati. Jika data yang tersedia terlalu sedikit, kemungkinan pola atau perilaku sebenarnya dari variabel tersebut tidak dapat tercermin dengan baik (Anwar & Puspa, 2015).

- *Mean Absolute Error* (MAE)

Mean Absolute Error (MAE) digunakan untuk menilai akurasi ramalan dengan mengambil rata-rata dari seluruh kesalahan dalam bentuk absolut. MAE sangat berguna dalam mengukur kesalahan ramalan dalam satuan yang sama dengan data asli.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|$$

Dimana :

n : jumlah data

y_i : nilai aktual untuk observasi ke i

(\hat{y}_i) : nilai yang diramalkan untuk observasi ke- i

▪ *Root Mean Squared Error (RMSE)*

RMSE adalah akar dari rata-rata kuadrat dari selisih antara nilai sebenarnya dan nilai yang diramalkan. Ini memberikan gambaran tentang seberapa besar kesalahan peramalan dalam satuan yang telah dikuadratkan. RMSE cenderung memberikan bobot lebih besar pada kesalahan besar karena operasi kuadrat.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

Dimana :

n : jumlah data

y_i : nilai aktual untuk observasi ke i

(\hat{y}_i) : nilai yang diramalkan untuk observasi ke- i

2. Metode

Penelitian yang digunakan dalam Pemodelan *Exponential Smoothing* Pada Laju Pertumbuhan PDRB Atas Harga Konstan Menurut Lapangan Usaha Provinsi Jawa Tengah merupakan penelitian dengan pendekatan kuantitatif deskriptif. Penelitian kuantitatif adalah suatu metode penelitian yang didasarkan pada pendekatan positivisme. Pendekatan ini menekankan pengujian teori-teori yang telah dirumuskan secara sistematis dan terukur melalui pengumpulan data berupa angka-angka atau data numerik. Penelitian kuantitatif cenderung menggunakan metode analisis statistik untuk mengolah data dan mengambil kesimpulan yang berdasarkan pada data empiris (Sugiyono, 2005).

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yaitu nilai Laju Pertumbuhan PDRB atas harga konstan menurut lapangan usaha Provinsi Jawa Tengah dari triwulan I 2014 sampai dengan triwulan II 2023 yang unduh dari website resmi Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah. Data sekunder merupakan informasi yang telah ada sebelumnya, diambil dari sumber-sumber tidak langsung atau melalui perantara, seperti data yang tercatat dalam dokumen resmi pemerintah atau koleksi perpustakaan (Hardani et al., 2020)

Penelitian ini berfokus pada peramalan laju pertumbuhan PDRB atas harga konstan menurut lapangan usaha. Sehingga variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai laju pdrb yang mewakili pertumbuhan atau perubahan nilai PDRB atas harga konstan dari waktu ke waktu berdasarkan lapangan usaha tertentu. Selain itu, variabel sektor ekonomi juga digunakan untuk melihat lebih detail terkait sektor ekonomi lapangan usaha pada kuartal tertentu. Pengolahan data dalam penelitian menggunakan proses peramalan dengan berbantuan Google Colaboratory menggunakan Bahasa pemrograman *python* Berikut merupakan Teknik analisis data dalam penelitian ini:

- Mengintegrasikan data yang telah di unduh dalam website resmi Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah.
- Mengeksplor data untuk mengetahui analisis statistik sederhana seperti analisis deskriptif, visualisasi, dan pemahaman awal tentang karakteristik data.
- Menyiapkan data mentah menjadi data yang akan siap untuk dilakukan proses peramalan.
- Mencari nilai parameter terbaik dari masing-masing metode untuk selanjutnya dapat di implementasikan pada metode *Exponential Smoothing*.
- Mengevaluasi metode untuk menemukan metode terbaik berdasarkan nilai kesalahan terkecil.
- Menampilkan nilai peramalan pada empat periode kedepan berdasarkan metode terbaik.

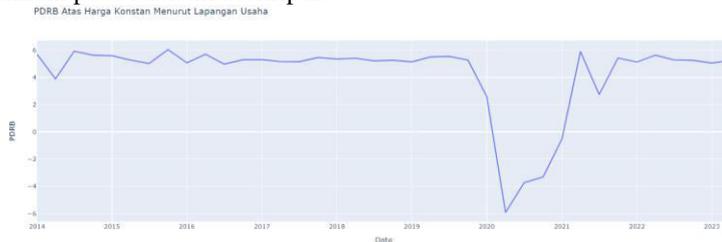
3. Hasil dan Pembahasan (untuk artikel hasil kajian bisa diberi judul “Pembahasan” saja)

Statistik deskriptif menyajikan informasi yang mudah dipahami mengenai tendensi pusat (seperti rata-rata, median, dan modus), dan juga variabilitas (seperti standar deviasi dan rentang).

Tabel 3.1 Statistik Deskriptif

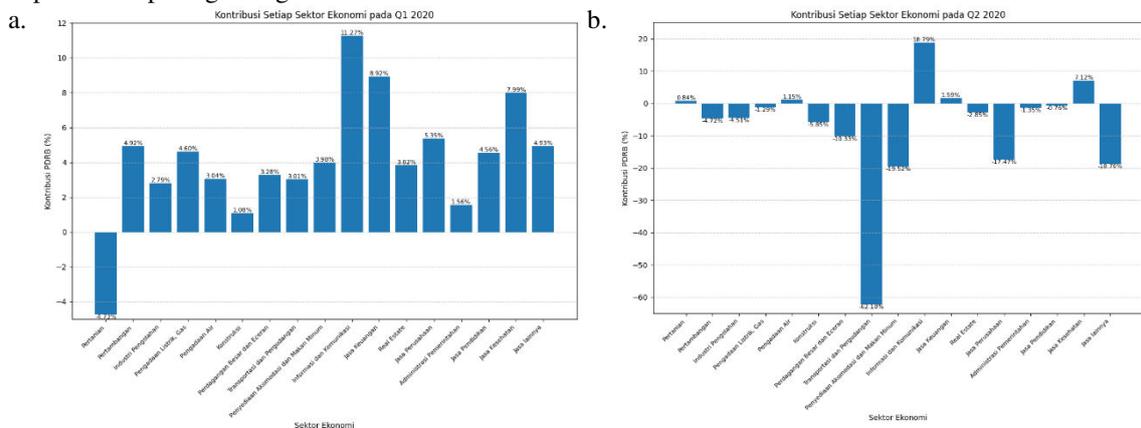
PDRB	
Count	38
Mean	4,27
Std	2,82
Min	-5,93
Max	6,03

Table 3.1 merupakan tabel output dari statistik deskriptif data laju pertumbuhan PDRB atas dasar harga konstan menurut lapangan usaha Provinsi Jawa Tengah. Berdasarkan tabel 3.1, jumlah pengamatan pada variabel adalah 38 dimana angka tersebut menunjukkan jumlah keseluruhan data dalam dataset PDRB. Penjelasan secara detail mengenai statistik deskriptif pada variabel PDRB berdasarkan tabel 3.1 menunjukkan rata-rata kontribusi ekonomi dari berbagai lapangan usaha sebesar 4,27 dengan variasi data yang cukup besar yang ditunjukkan dari nilai standar deviasi yaitu 2,82. Data dalam variabel PDRB menunjukkan rentang nilai dari -5,93 sampai dengan 6,03 yang ditunjukkan oleh nilai minimum dan nilai maksimum pada statistik deskriptif.



Gambar 4.1 Plot Data PDRB

Gambar 4.1 Merupakan plot data PDRB atas dasar harga konstan menurut lapangan usaha. Berdasarkan plot data PDRB dapat dilihat bahwa pada tahun 2014 sampai dengan 2019 laju pertumbuhan ekonomi Provinsi Jawa Tengah menunjukkan angka yang cukup stabil atau tidak menunjukkan adanya fluktuasi. Namun pada tahun 2020, laju pertumbuhan ekonomi di provinsi Jawa Tengah mengalami penurunan yang cukup signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa laju pertumbuhan ekonomi mengalami fluktuasi yang disebabkan oleh dampak dari pandemi covid-19. Kehadiran pandemi telah mengakibatkan penurunan laju pertumbuhan ekonomi di wilayah Provinsi Jawa Tengah. Untuk melihat lebih detail terkait kontribusi sektor ekonomi yang mempengaruhi laju pertumbuhan ekonomi pada saat pandemi, dapat dilihat pada grafik gambar 4.2 Dibawah ini

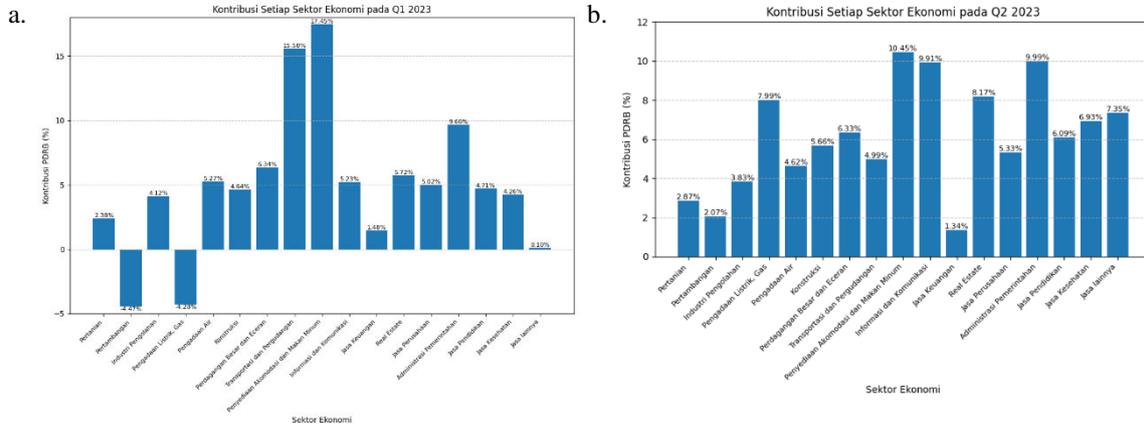


Gambar 3.2 (a) Diagram Kontribusi Sektor Ekonomi pada Kuartal I Tahun 2020;

(b) Diagram Kontribusi Sektor Ekonomi pada Kuartal II Tahun 2020

Virus covid-19 diperkirakan masuk ke Indonesia pada Februari 2020. Berdasarkan grafik pada gambar 3.2 dapat dilihat bahwa masih banyak sektor ekonomi yang tumbuh positif. Berbeda dengan laju

pertumbuhan ekonomi pada saat memasuki kuartal ke 2 tahun 2020. Pada kuartal kedua tahun 2020 terdapat banyak sektor ekonomi yang menunjukkan pertumbuhan negatif. Pada periode ini, sektor ekonomi dengan kontribusi tertinggi ada pada sektor informasi dan komunikasi, hal ini sejalan dengan keadaan pandemi pada waktu tersebut dimana pemerintah yang mulai memberikan kebijakan dengan memberlakukan pembatasan kegiatan sosial secara besar-besaran. Sehingga semua aktifitas atau kegiatan yang sebelumnya dapat dilakukan secara tatap muka menjadi aktivitas daring atau online baik dalam hal bekerja, sekolah, maupun kegiatan belanja dalam memenuhi kebutuhan. Selanjutnya yaitu melihat kontribusi sektor ekonomi di tahun 2023.



Gambar 3.3 (a) Diagram Kontribusi Sektor Ekonomi Pada Kuartal I Tahun 2023; (b) Diagram Kontribusi Sektor Ekonomi Pada Kuartal II Tahun 2023

Pada kuartal I Tahun 2023 kontribusi sektor ekonomi masih terdapat beberapa sektor ekonomi yang tumbuh negatif yaitu pada sektor pertambangan dan sektor pengadaan listrik dan gas. Hal ini perlu adanya perhatian lebih dari pemerintah terkait sektor tersebut. Berbeda dengan grafik kontribusi sektor ekonomi pada kuartal ke 2 tahun 2023, pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa semua sektor ekonomi pada kuartal ke 2 tahun 2023 mengalami pertumbuhan yang positif. Ini menunjukkan upaya positif pemerintah dalam menjalankan usaha untuk mencapai pemerataan ekonomi. Melalui Gambar 3.3 dapat diketahui bahwa sektor ekonomi dengan kontribusi tertinggi pada tahun 2023 yaitu sektor penyediaan akomodasi makan dan minum, dimana dalam hal ini dapat menjadi salah satu pertimbangan bagi para investor untuk berinvestasi pada sektor tersebut. Sedangkan sektor dengan kontribusi terendah adalah sektor ekonomi jasa keuangan. Sektor ini merupakan sektor finansial, karena pada umumnya fokus utamanya adalah terkait dengan pengaturan dana, termasuk proses pengumpulan dana dari masyarakat serta pengalirannya kembali dalam bentuk pinjaman atau investasi.

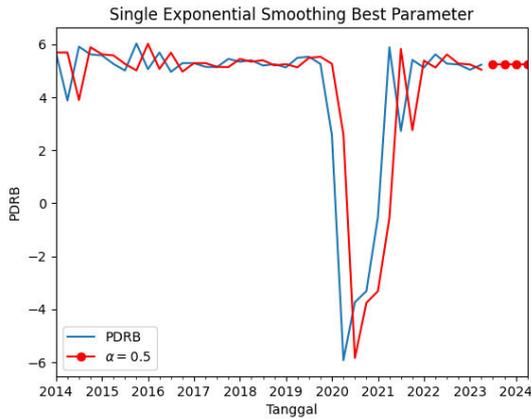
Tahap selanjutnya dalam penelitian ini merupakan persiapan data atau *data preprocessing*. Pada tahap ini data dipersiapkan terlebih dahulu sebelum masuk pada proses peramalan. Beberapa hal yang dilakukan diantaranya adalah mengubah kolom 'Date' menjadi tipe *datetime* untuk menunjukkan bahwa kolom tersebut merupakan kolom data deret waktu, dan melihat *missing value* pada dataset.

Nilai parameter mempengaruhi besar kecilnya nilai kesalahan. Sehingga untuk mendapatkan nilai kesalahan yang kecil, perlu untuk mencari nilai parameter terbaik.

Tabel 3.2 Hasil *Parameter Optimization* Alpha

Hyperparameter Optimization		
best_alpha:	best_mae:	best_rmse:
0.99	2.5395	2.7826
	best_mae:	
	1,2606	

Table 3.2 merupakan hasil dari pencarian parameter terbaik alpha dengan Bahasa pemrograman python. Parameter alpha terbaik dicari berdasarkan nilai kesalahan terkecil dari rentang alpha 0,1 sampai dengan 1 dengan 0,01 sebagai nilai kenaikan antara setiap dua nilai alpha dalam rentang yang dihasilkan. Berdasarkan table 4.6 dapat disimpulkan bahwa nilai alpha 0,99 merupakan nilai parameter alpha terbaik dengan nilai kesalahan RMSE terkecil yaitu 2,7826 dan MAE sebesar 1,2606. Nilai parameter alpha terbaik yang sudah dicari akan di implementasikan pada metode *Single Exponential Smoothing*.



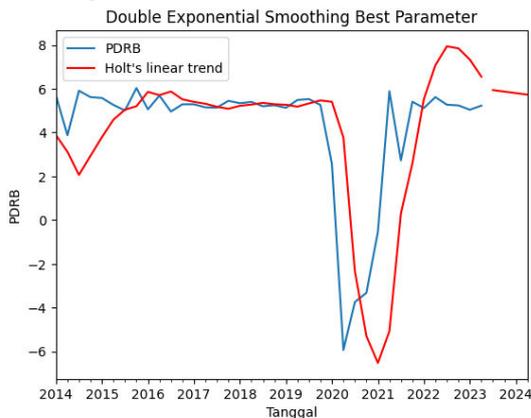
Gambar 3.4 Implementasi Metode *Single Exponential Smoothing* dengan *Best alpha*

Selanjutnya yaitu membangun metode *Double Exponential Smoothing* pada data PDRB atas dasar harga konstan menurut lapangan usaha. Berdasarkan persamaan (1) dan (2), metode *Double exponential smoothing* membutuhkan nilai parameter alpha dan beta untuk mengetahui nilai level pemulusan dan tren pemulusan. Sehingga dengan kedua nilai tersebut dapat diperoleh nilai peramalan di masa mendatang.

Tabel 3.3 Hasil *Parameter Optimization* Alpha dan Beta

Hyperparameter Optimization	
best_alpha: 0.41	best_beta: 0.42
best_rmse: 2,7072	best_mae: 1,5397

Berdasarkan tabel 3.3 dapat disimpulkan bahwa nilai alpha 0,41 dan nilai beta 0,42 merupakan nilai parameter alpha terbaik dengan nilai kesalahan atau nilai RMSE terkecil yaitu 2,7072. Setelah didapatkan nilai parameter alpha dan beta terbaik, metode *Double Exponential Smoothing* dapat divisualisasikan melalui grafik dibawah ini.



Gambar 3.5 Implementasi Metode *Double Exponential Smoothing* dengan *Best Alpha* dan *Beta*

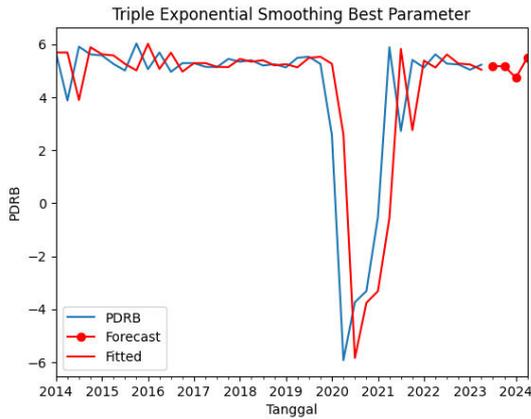
Seperti yang yang dijelaskan pada persamaan (4), (5), dan (6) bahwa metode *Triple Exponential Smoothing* merupakan metode yang mampu menangani data yang memiliki tren dan musiman. Sehingga pada kasus ini, metode *Triple Exponential Smoothing* memerlukan nilai parameter alpha, beta dan gamma sebagai nilai level, trend dan musiman.

Tabel 3.4 Hasil *Parameter Optimization* Alpha, Beta, dan Gamma

Hyperparameter Optimization	
Best Alpha (RMSE): 0.29	Best Beta (RMSE): 0.7
Gamma (RMSE): 0.68	Best RMSE: 2,6806
Best Alpha (MAE): 0.29	Best Beta (MAE): 0.7
Gamma (MAE): 0.68	Best MAE: 1,2487

Berdasarkan tabel 3.4 dapat disimpulkan bahwa nilai alpha 0,29 , nilai beta 0,7 , dan nilai gamma 0,68 merupakan nilai parameter terbaik dengan nilai kesalahan RMSE terkecil yaitu 2,6806 dan nilai kesalahan MAE sebesar 1,2487.

Gambar 3.6 Implementasi Metode *Triple Exponential Smoothing* dengan *Best Alpha*, *Beta*, dan *Gamma*

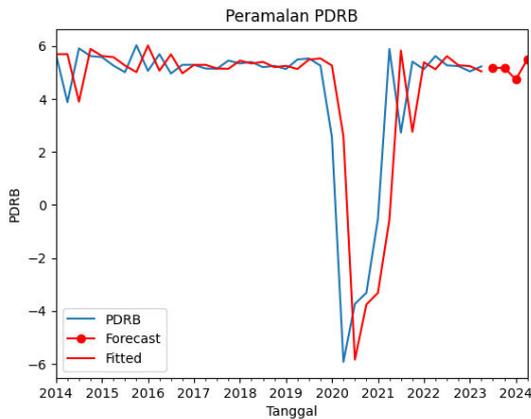


Berdasarkan ketiga metode yang telah dilakukan, perlu adanya evaluasi untuk mengukur dan mengetahui metode mana yang paling tepat digunakan pada data PDRB berdasarkan nilai kesalahan RMSE dan nilai kesalahan MAE terkecil. Setelah melalui beberapa percobaan menggunakan metode Exponential Smoothing didapatkan hasil evaluasi sebagai berikut.

Tabel 3.5 Metode *Evaluation*

	RMSE	MAE
<i>Single Exponential Smoothing</i>	2,78	1,26
<i>Double Exponential Smoothing</i>	2,70	1,54
<i>Triple Exponential Smoothing</i>	2,68	1,25

Berdasarkan tabel 4.9 dapat disimpulkan bahwa metode yang tepat untuk meramalkan data PDRB atas dasar harga konstan menurut lapangan usaha adalah metode Triple Exponential Smoothing dengan nilai RMSE terkecil yaitu 2,68 dan nilai MAE 1,25. Sehingga dengan metode tersebut dapat digunakan untuk memprediksi data PDRB pada 4 triwulan kedepan.



Gambar 4.12 merupakan grafik yang menunjukkan data peramalan PDRB menggunakan metode Triple Exponential Smoothing. Garis berwarna biru merupakan nilai aktual atau nilai asli data Laju Pertumbuhan PDRB Atas Dasar Harga Konstan Menurut Lapangan Usaha Provinsi Jawa Tengah. Selanjutnya yaitu garis warna kuning menunjukkan nilai prediksi dari data PDRB yang dibangun menggunakan metode terbaik yaitu metode Triple Exponential Smoothing. Sedangkan garis dengan 4 titik berwarna merah merupakan garis yang menunjukkan nilai peramalan pada 4 triwulan kedepan. Dengan metode tersebut dilakukan perhitungan peramalan 2 triwulan kedepan melalui pemrograman python.

Tabel 3.6 Nilai Peramalan PDRB

Date	Peramalan
Triwulan III 2023	5,175
Triwulan IV 2023	5,171
Triwulan I 2024	4,736
Triwulan II 2024	5,497

Nilai peramalan 4 triwulan kedepan menggunakan metode Triple Exponential Smoothing berdasarkan nilai parameter alpha, beta, dan gamma terbaik. Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui pada nilai peramalan untuk Triwulan III tahun 2023 sebesar 5,175%, Triwulan IV tahun 2023 sebesar 5,171%.

Kedua nilai peramalan tersebut menunjukkan angka yang stabil. Namun, Ketika memasuki Triwulan I tahun 2024 nilai peramalan menurun menjadi 4,736%, dan meningkat kembali pada Triwulan II tahun 2024 sebesar 5,497%. Turunnya nilai laju pertumbuhan PDRB dapat dipengaruhi oleh banyak faktor. Apabila dilihat dari kondisi yang ada pada saat ini, salah satu faktor yang dapat menghambat laju pertumbuhan PDRB diantaranya adalah ketidakpastian politik, menurunnya sektor jasa keuangan yang dapat dilihat di tahun 2023, serta kondisi alamiah. Nilai peramalan pada kuartal pertama tahun 2024 mengalami penurunan, tahun 2024 merupakan tahun pergantian struktur ketatanegaraan baik presiden, gubernur, maupun jajaran pemerintahan yang lain.

Pemilihan umum dapat memiliki dampak yang signifikan pada ekonomi suatu negara, hal ini dapat mempengaruhi laju pertumbuhan PDRB atas dasar harga konstan. Namun, dampaknya akan bergantung pada sejumlah faktor, dan tidak selalu dapat diprediksi dengan pasti. Beberapa cara pemilu dapat mempengaruhi laju pertumbuhan PDRB diantaranya bahwa pemilu dapat mempengaruhi sentimen konsumen dan investor, jika pemilihan berlangsung dengan ketegangan, penuh konflik serta kontroversi atau jika hasilnya tidak sesuai dengan ekspektasi pasar maka dapat mempengaruhi pasar saham dan mata uang, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi keputusan investasi dan konsumsi. Berbeda apabila situasi pemilu dilakukan secara damai dan transparan sehingga dapat meningkatkan stabilitas politik dan hukum yang dapat mendukung pertumbuhan ekonomi. Selain itu, adanya struktur tata negara yang baru akan menciptakan kebijakan baru. Perubahan kebijakan ekonomi oleh pemerintah dapat memiliki dampak langsung terhadap sektor-sektor tertentu dalam ekonomi.

Apabila dilihat dari kontribusi sektor ekonomi pada tahun 2023 dari kuartal I dan kuartal II, sektor ekonomi jasa keuangan mengalami penurunan. Meskipun penurunan tidak menunjukkan angka yang cukup besar, namun apabila dibiarkan akan mempengaruhi laju pertumbuhan PDRB. Sektor jasa keuangan memiliki peran penting dalam ekonomi, dan perubahan dalam sektor ini dapat memiliki dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi suatu wilayah atau negara. Sektor jasa keuangan merupakan sumber pendanaan utama untuk berbagai jenis investasi, baik untuk Perusahaan maupun individu. Jika sektor jasa keuangan mengalami penurunan, ketersediaan dana untuk investasi dapat berkurang, yang pada gilirannya dapat menghambat pertumbuhan sektor-sektor lain dalam ekonomi.

Selanjutnya yaitu penurunan laju pertumbuhan PDRB yang apabila dilihat dari keadaan saat ini, kemungkinan yang dapat mempengaruhi yaitu kondisi alamiah. Seperti yang dapat dilihat bahwa saat ini iklim dan cuaca buruk seperti kekeringan telah menghambat sektor perekonomian dalam hal bercocok tanam. Padi yang kemudian menjadi beras merupakan bahan pokok yang selalu dicari oleh Masyarakat. Adanya musim kemarau saat ini membuat para petani padi tidak dapat menjalankan aktivitasnya secara maksimal. Sehingga output yang dihasilkan tidak seperti biasanya. Produksi beras yang terbatas dapat menciptakan perubahan harga energi. Kenaikan harga energi seperti beras akan mempengaruhi biaya produksi di berbagai sektor ekonomi. Sehingga melalui beberapa kemungkinan yang telah dijelaskan diatas berdasarkan kondisi saat ini, pemerintah dan pemangku kebijakan dapat mengantisipasi hal-hal tersebut agar tidak menjadi keadaan yang semakin buruk.

4. Simpulan

Melalui analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan, berdasarkan beberapa percobaan yang telah dilakukan menggunakan metode *Single Exponential Smoothing*, *Double Exponential Smoothing*, dan *Triple Exponential Smoothing*, didapatkan metode yang dapat memberikan peramalan terbaik pada Laju Pertumbuhan PDRB Atas Dasar Harga Konstan Menurut Lapangan Usaha Provinsi Jawa Tengah yaitu metode *Triple Exponential Smoothing* dengan parameter alpha 0.29, beta 0,7 dan gamma 0,68 yang menunjukkan nilai kesalahan terkecil dengan nilai RMSE 2.68 dan nilai MAE 1,24. Selain itu, dengan menggunakan metode *Triple Exponential Smoothing* didapatkan nilai peramalan Laju Pertumbuhan PDRB Atas Dasar Harga Konstan Menurut Lapangan Usaha Provinsi Jawa Tengah pada Triwulan III sebesar 5,175, Triwulan IV tahun 2023 sebesar 5,171, Triwulan I tahun 2024 sebesar 4,736, dan Triwulan II tahun 2024 sebesar 5,497.

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian selanjutnya yaitu terkait dengan metode peramalan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan peramalan dengan metode tradisional. Sehingga melalui penelitian yang telah dilakukan, peneliti menyarankan untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode *machine learning* yang mungkin lebih modern.

Daftar Pustaka (Style PRISMA-BagianNoNumber)

- Akhmad. (2018). *Manajemen Operasi (Teori dan Aplikasi dalam Dunia Bisnis)*.
<https://www.researchgate.net/publication/326846973>
- Anwar, & Puspa, F. (2015). *Peramalan Bisnis dan Ekonomi*. <https://dokumen.tips/documents/buku-ajar-peramalan-bisnis-dan-ekonomi-berbentuk-angka-misalnya-tahun-bulan.html?page=1>
- Arifin, Z. (2009). *Memahami PDRB sebagai Instrumen untuk Mengukur Pertumbuhan Ekonomi di Daerah*. https://bappeda.jambiprov.go.id/welcome/download_file_artikel/Artikel_PDRB.pdf
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah. (2022). *TINJAUAN PDRB KABUPATEN/KOTA SE-JAWA TENGAH MENURUT LAPANGAN USAHA 2021*.
- Cipra, T. (2006). EXPONENTIAL SMOOTHING FOR IRREGULAR DATA*. In *APPLICATIONS OF MATHEMATICS* (Issue 6). <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10492-006-0023-9>
- CNBC Indonesia. (2023, May 8). CNBC Indonesia.
<https://www.cnbcindonesia.com/research/20230508101724-128-435327/ngapunten-pak-ganjar-kok-ekonomi-jateng-makin-loyo>
- Fransiska, H. (2022). PERAMALAN PERTUMBUHAN EKONOMI PROVINSI BENGKULU MENGGUNAKAN SINGLE MOVING AVERAGE, SINGLE EKSPONENTIAL SMOOTHING DAN ENSEMBLE. *Teorema: Teori Dan Riset Matematika*, 7(1), 161.
<https://doi.org/10.25157/teorema.v7i1.7002>
- Hardani, Auliya, N. H., Andriani, H., Fardani, R. A., & Ustiawaty, J. (2020). *METODE PENELITIAN KUALITATIF DAN KUANTITATIF* (H. Abadi, Ed.; 1st ed.). CV. Pustaka Ilmu .
<https://www.researchgate.net/publication/340021548>
- Hardi, D. T., Safitri, D., & Rusgiyono, A. (2019). PERAMALAN PRODUK DOMESTIK BRUTO (PDB) SEKTOR PERTANIAN, KEHUTANAN, DAN PERIKANAN MENGGUNAKAN SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS (SSA). *JURNAL GAUSSIAN*, 8, 68–80.
<http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/gaussian>
- Petropoulos, F., Apiletti, D., Assimakopoulos, V., Babai, M. Z., Barrow, D. K., Ben Taieb, S., Bergmeir, C., Bessa, R. J., Bijak, J., Boylan, J. E., Browell, J., Carnevale, C., Castle, J. L., Cirillo, P., Clements, M. P., Cordeiro, C., Cyrino Oliveira, F. L., De Baets, S., Dokumentov, A., ... Ziel, F. (2022). Forecasting: theory and practice. In *International Journal of Forecasting* (Vol. 38, Issue 3, pp. 705–871). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2021.11.001>
- Sugiyono. (2005). *METODE PENELITIAN KUANTITATIF KUALITATIF DAN R&D*. ALFABETA.