

Pengaplikasian *Adaptive Grey Model* dalam Prediksi Pendapatan Daerah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta

Rosyada Laili Qonita¹, Mujiati Dwi Kartikasari^{2*}

^{1,2} Departemen Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, Jl. Kaliurang KM 14.5, Yogyakarta 55584, Indonesia

*Corresponding author: 166110102@uii.ac.id



P-ISSN: 2986-4178
E-ISSN: 2988-4004

Riwayat Artikel

Dikirim: 19 Desember 2025

Direvisi: 09 Januari 2026

Diterima: 30 Januari 2026

ABSTRAK

Pendapatan daerah merupakan hak pemerintah daerah yang diakui sebagai penambah nilai kekayaan bersih. Pendapatan daerah terdiri dari pendapatan asli daerah, pendapatan transfer, dan lain-lain pendapatan yang sah. Pendapatan daerah dapat sewaktu-waktu mengalami fluktuasi, fluktuasi tersebut disebabkan oleh berbagai hal, seperti penyalahgunaan anggaran, kendala administratif, dan kondisi ekonomi yang tidak stabil. Untuk mengatasi tantangan ini, prediksi pendapatan daerah dapat dilakukan agar pemerintah dapat membuat perencanaan anggaran yang lebih tepat. Penelitian ini menggunakan metode *adaptive grey model* AGM (1,1) untuk memprediksi pendapatan daerah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dari tahun 2010 hingga 2024. AGM (1,1) dipilih karena kemampuannya bekerja dengan data terbatas serta efektif dalam menangkap pola tren pada data. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa AGM (1,1) mampu menghasilkan prediksi yang cukup akurat, dengan nilai *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 384,227.98 dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 7.45%. Berdasarkan evaluasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa model memiliki tingkat akurasi yang tinggi, sehingga dapat digunakan untuk memprediksi pendapatan daerah di masa mendatang. Penelitian ini diharapkan dapat membantu pemerintah dalam merencanakan anggaran dengan lebih tepat dan akurat.

Kata Kunci: Prediksi Pendapatan Daerah, *Adaptive Grey Model*.

ABSTRACT

Regional revenue is the right of the regional government recognized as an addition to net wealth. Regional revenue consists of original regional revenue, transfer revenue, and other legitimate income. Regional revenue can fluctuate at any time, and these fluctuations are caused by various factors, such as budget misuse, administrative constraints, and unstable economic conditions. To address this challenge, regional revenue predictions can be made so that the government can create more accurate budget planning. This study uses the *adaptive grey model* AGM (1,1) method to predict the regional revenue of the Special Region of Yogyakarta Province from 2010 to 2024. AGM (1,1) was chosen because of its ability to work with limited data and its effectiveness in capturing trend patterns in the data. The results of this study indicate that AGM (1,1) is capable of producing fairly accurate predictions, with a *Mean Absolute Error* (MAE) value of 384,227.98 and a *Mean Absolute*

Percentage Error (MAPE) of 7.45%. Based on the evaluation, it can be concluded that the model has a high level of accuracy, making it suitable for predicting regional revenue in the future. This research is expected to assist the government in planning the budget more precisely and accurately.

Keywords: Regional Revenue Prediction, Adaptive Grey Model

1. Pendahuluan

Berdasarkan Undang-undang Nomor 33 Tahun 2004 tentang Perimbangan Keuangan antara Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah, pendapatan daerah merupakan hak pemerintah daerah yang diakui sebagai penambah nilai kekayaan bersih [1]. Pendapatan daerah terdiri dari tiga komponen, yaitu pendapatan asli daerah, pendapatan transfer, serta lain-lain pendapatan daerah yang sah. Setiap komponen tersebut dapat mengalami fluktuasi sewaktu-waktu. Fluktuasi ini dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti korupsi dan penyalahgunaan anggaran, kendala administratif, rendahnya tingkat kesadaran masyarakat dalam membayar pajak, dan faktor eksternal lain, seperti kondisi ekonomi global maupun nasional [2]. Untuk menghadapi tantangan tersebut, salah satu solusi yang dapat digunakan adalah melakukan prediksi pendapatan daerah guna membantu pemerintah daerah dalam membuat perencanaan anggaran yang lebih tepat.

Kajian mengenai prediksi pendapatan daerah telah dibahas dalam beberapa penelitian dengan menggunakan metode yang berbeda-beda. Salah satu jurnal yang mengkaji tentang prediksi pendapatan daerah adalah jurnal yang disusun oleh Gultom (2022), jurnal ini menggunakan metode *fuzzy time series* untuk meramalkan pendapatan daerah di Kabupaten Humbang Hasundutan [3]. Sementara itu, pada jurnal yang disusun oleh Ginting et al. (2019), metode yang diterapkan dalam penelitian tentang prediksi pendapatan daerah di Kabupaten Deli Serdang adalah regresi linear sederhana [4]. Berdasarkan kedua penelitian tersebut, terlihat bahwa jumlah data historis pendapatan daerah relatif terbatas, sehingga hal ini menjadi tantangan tersendiri dalam menentukan metode prediksi yang tepat. Keterbatasan ini juga terjadi pada jumlah penelitian yang membahas tentang prediksi pendapatan daerah, sehingga diperlukan metode prediksi lain yang dapat dijadikan alternatif baru dalam penelitian tersebut. Salah satu metode prediksi alternatif yang dapat digunakan adalah *adaptive grey model*, karena selain kemampuannya dalam memprediksi data dengan jumlah terbatas, model ini juga belum pernah diterapkan dalam penelitian tentang prediksi pendapatan daerah, sehingga sangat sesuai untuk digunakan pada penelitian ini.

Adaptive grey model merupakan bagian dari *grey prediction model* yang pertama kali diperkenalkan oleh Deng Julong pada tahun 1982. Pada awalnya, *grey prediction model* dirancang untuk memungkinkan analisis, pemodelan, prediksi, dan pengambilan keputusan dengan kondisi data atau informasi yang terbatas [5]. Kemampuan *grey model* dalam memprediksi data yang terbatas menjadikan model ini banyak digunakan dalam berbagai penelitian, seperti penelitian tentang prediksi parameter lalu lintas, prediksi panjang antrean lalu lintas, dan lain sebagainya [6], [7], [8], [9], [10]. Seiring berjalannya waktu, *grey model* mengalami perkembangan varian, salah satunya adalah *adaptive grey model*. Pada tahun 2008, Li dan Yeh [11] memperkenalkan model baru, yaitu *adaptive grey model*, di mana model ini dirancang untuk bekerja dengan jumlah data yang terbatas dan disertai kemampuan untuk menangkap pola tren pada data melalui pendekatan *Trend and Potential Tracking Method* (TPTM). Sudah ada banyak penelitian yang memanfaatkan *adaptive grey model* sebagai metode prediksinya, dan dalam penelitian-penelitian tersebut,

model ini terbukti dapat memberikan hasil prediksi dengan tingkat kesalahan atau *error* yang relatif kecil [12], [13], [14], [15]. Dengan mempertimbangkan kemampuan *adaptive grey model* dalam menangkap pola tren data serta jumlah data historis yang dimiliki, *adaptive grey model* dipilih sebagai metode analisis dalam penelitian ini untuk meramalkan pendapatan daerah di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Melalui penerapan *adaptive grey model* dalam prediksi pendapatan daerah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan bagi pemerintah daerah setempat dalam menyusun kebijakan anggaran yang lebih akurat.

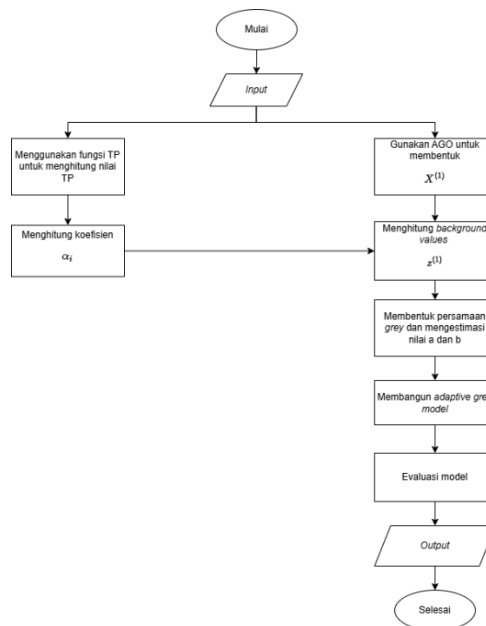
2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data pendapatan daerah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dari *website* Jogja Dataku yang dikelola oleh Bapperida Daerah Istimewa Yogyakarta [16]. Data ini berisikan data pendapatan daerah dalam rentang tahun 2010-2024.

Tabel 1. Data Pendapatan Daerah Provinsi DIY

Tahun	Pendapatan Daerah (Juta Rupiah)	Tahun	Pendapatan Daerah (Juta Rupiah)
2010	1,374,205	2018	5,443,179
2011	1,000,000	2019	5,699,357
2012	2,171,734	2020	5,611,511
2013	2,583,057	2021	5,703,100
2014	3,139,872	2022	5,531,195
2015	3,400,015	2023	5,840,561
2016	3,899,193	2024	6,025,070
2017	5,085,241		

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap. Pertama, menggunakan fungsi TP untuk menghitung TP *Values*. Selanjutnya, menghitung nilai $X^{(1)}$. Kemudian, menghitung *background values* $z^{(1)}$. Kemudian, mengestimasi nilai a dan b dengan menggunakan persamaan *grey*. Selanjutnya, membangun *adaptive grey model*. Terakhir melakukan evaluasi pada model. Tahapan-tahapan tersebut disajikan dalam *flowchart* pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

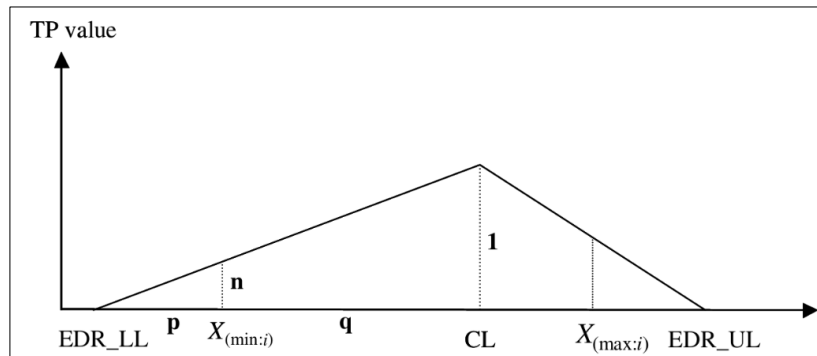
2.1. Trend and Potency Tracking Method

Tren and Potency Tracking Method atau TPTM merupakan analisis yang dicetuskan oleh Li dan Yeh [11] yang berfungsi untuk mengeksplorasi perubahan perilaku data pada fase yang berbeda dengan memanfaatkan karakteristik dari data.

Prosedur perhitungan TPTM secara terperinci adalah sebagai berikut [13], [15]:

1. Asumsikan bahwa data aktual adalah $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, di mana X_{min} merupakan nilai terkecil dari X dan X_{max} merupakan nilai terbesar dari X .
2. Hitung nilai variasi σ_i dari pasangan data (x_{i-1}, x_i) untuk $i = 1, 2, 3, \dots, n$, dan tentukan peningkatan dan penurunan potensi berdasarkan urutan data. Jika σ_i menunjukkan nilai positif, artinya tren data pada fase i mengalami kenaikan. Sementara apabila σ_i menunjukkan nilai negatif maka tren data mengalami penurunan.
3. Menetapkan bobot pada data terbaru. Bobot (w_i) dapat diperoleh dengan rumus $w_i = i - 1$ untuk $i = 1, 2, 3, \dots, n$.
4. Hitung $A_i = \sigma_i \times w_i$ untuk $i = 1, 2, 3, \dots, n$. Apabila diperoleh nilai $A_i > 0$ maka terdapat peningkatan pada potensi (IP), dan apabila nilai $A_i < 0$ maka terdapat penurunan potensi (DP).
5. Menentukan lokasi pusat (CL) dari data menggunakan persamaan $CL = \frac{(X_{min} + X_{max})}{2}$. Nilai CL yang diperoleh kemudian digunakan sebagai titik utama pada rentang domain data.
6. Hitung rata-rata potensi yang meningkat (AIP) dan rata-rata potensi yang menurun (ADP), kemudian gunakan nilai rata-rata tersebut untuk memperluas rentang domain secara asimetris. Didapatkan persamaan untuk batas atas rentang domain adalah $EDR_{UL} = X_{max} + AIP$, dan persamaan batas bawah rentang domain adalah $EDR_{LL} = X_{min} + ADP$.

7. Dalam membentuk fungsi TP segitiga, gunakan nilai CL, EDR_UL, dan EDR_LL. Dengan mengubah nilai CL menjadi 1, akan diperoleh nilai TP melalui aturan rasio segitiga seperti yang tersaji pada Gambar 1.



Gambar 2. Fungsi Segitiga untuk Mencari Nilai TP

2.2. Adaptive Grey Model

Menghitung AGM(1,1) dengan mengintegrasikan konsep TPTM untuk menghitung *background values*.

Berikut penjelasan dari AGM(1,1) [13], [14]:

1. Diketahui data aktual:

$$X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\}, n \geq 4 \quad (1)$$

2. Hitung nilai TP menggunakan TPTM, kemudian susun menjadi $\{TP_i\} = \{TP_1, TP_2, \dots, TP_n\}, i = 1, 2, \dots, n$.

3. Hitung nilai koefisien α_k

$$\alpha_k = \frac{\sum_{i=1}^k 2^{i-1} TP_i}{\sum_{i=1}^k 2^{i-1}}, \quad k \geq 2 \quad (2)$$

4. Bentuk seri data baru dengan menggunakan *accumulating generation order* (AGO)

$$X^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)\}, \quad x^{(1)}(1) = x^{(0)}(1);$$

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i), k = 2, 3, \dots, n. \quad (3)$$

5. Hitung *background values* $z^{(1)}(k)$ menggunakan persamaan

$$z^{(1)}(k) = (1 - \alpha_k)x^{(1)}(k-1) + \alpha_k x^{(0)}(k),$$

$$\alpha \in (0, 1), k = 2, 3, \dots, n. \quad (4)$$

6. Hitung estimasi *developing coefficient* a dan *grey input* b menggunakan metode *ordinary least square* di persamaan (5) kemudian bentuk persamaan diferensialnya (6).

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b, \quad (5)$$

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b. \quad (6)$$

Untuk memperoleh estimasi nilai a dan b , dapat menggunakan langkah:

$$\begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (7)$$

Sehingga didapatkan

$$\begin{aligned} Y &= [x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n)]^T, \\ \hat{a} &= [a, b]^T, \\ B &= \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}, \\ \hat{a} &= (B^T B)^{-1} B^T Y \end{aligned} \quad (8)$$

7. Hitung nilai estimasi periode $k + 1$ dengan nilai awal $x^{(0)}(1) = x^{(1)}(1)$ menggunakan persamaan

$$\begin{aligned} \hat{x}^{(1)}(k + 1) &= \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-ak} + \frac{b}{a}, \\ \hat{x}^{(0)}(k + 1) &= \hat{x}^{(1)}(k + 1) - \hat{x}^{(1)}(k). \end{aligned} \quad (9)$$

2.3. Evaluasi Model

Suatu model dikatakan baik apabila nilai *error* yang dihasilkan pada evaluasi model bernilai kecil, di mana besar kecilnya nilai *error* mencerminkan tingkat keakuratan model. Dalam penelitian ini, keakuratan model prediksi diukur dengan menggunakan *mean absolute error* (MAE) dan *mean absolute percentage error* (MAPE). MAE dan MAPE didefinisikan pada persamaan (10) dan (11) [13], [17], [18], [19]:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x^{(0)}(i) - \hat{x}^{(0)}(i)|. \quad (10)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{x^{(0)}(i) - \hat{x}^{(0)}(i)}{x^{(0)}(i)} \right| \times 100\%. \quad (11)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Model prediksi dibangun menggunakan data pendapatan daerah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dari tahun 2010 hingga 2024. Data lima tahun pertama, yaitu 2010 hingga 2014, digunakan sebagai data *training* untuk menyusun model awal. Selanjutnya, model tersebut diperbarui secara berkala dengan memasukkan data terbaru untuk memastikan model dapat mengidentifikasi tren pada data. Hal ini memungkinkan model untuk menghasilkan prediksi yang lebih akurat seiring dengan bertambahnya data.

Dengan menerapkan AGM(1,1), model prediksi dibangun menggunakan data *training* melalui langkah-langkah pengerjaan yang dijelaskan di bawah ini.

1. Susun data aktual pendapatan daerah dalam $X = \{1,374,205; 1,000,000; 2,171,734; 2,583,057; 3,139,872\}$.
2. Hitung nilai TP menggunakan TPTM sehingga didapatkan hasil $TP = \{0.6420; 0.3210; 0.8526; 0.6932; 0.6439\}$.

3. Hitung nilai koefisien $\alpha_k = \{0.4280; 0.6706; 0.6286; 0.7044\}$.
 4. Buat seri data baru $X^{(1)}$ menggunakan AGO $X^{(1)} = \{1,374,205; 2,374,205; 4,545,939; 7,128,996; 10,268,868\}$.
 5. Hitung *background values* $z^{(1)} = \{1,802,210; 3,830,695; 6,309,390; 9,340,854\}$.
 6. Hitung nilai $\hat{a}$ menggunakan persamaan $\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y$, di mana diketahui nilai $Y = \{1,000,000; 2,171,734; 2,583,057; 3,139,872\}$ dan $B = \begin{bmatrix} -1,719,698 & 1 \\ -3,894,719 & 1 \\ -6,532,283 & 1 \\ -9,340,854 & 1 \end{bmatrix}$.
- Sehingga didapatkan nilai $\hat{a} = [-0.26362; 807,530.9]^T$.
7. Gunakan persamaan (9) untuk membentuk model $x^{(1)}(k+1) = 4,437,449e^{-0.26362k} + (-3,063,244)$. Dari model tersebut, didapatkan hasil prediksi $\hat{x}_6 = 3,842,078$.

Hasil dari perhitungan dan prediksi AGM (1,1) masing-masing tersaji dalam Tabel 2 dan Tabel 3.

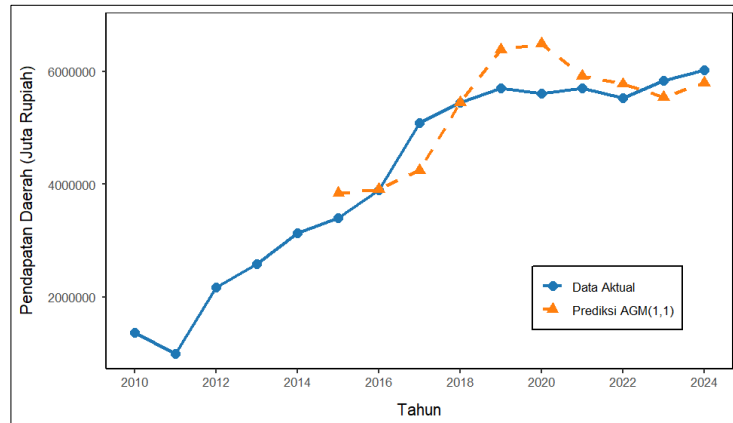
Tabel 2. Hasil Perhitungan AGM (1,1)

Tahun	x_k	Nilai TP	$x_k^{(1)}$	α_k	$z_k^{(1)}$	$\hat{x}_k$
2010	1,374,205	0.6420	1,374,205	-	-	-
2011	1,000,000	0.3210	2,374,205	0.4280	1,802,210	1,218,179
2012	2,171,734	0.8526	4,545,939	0.6706	3,830,695	1,719,140
2013	2,583,057	0.6932	7,128,996	0.6286	6,309,390	2,426,115
2014	3,139,872	0.6439	10,268,868	0.7044	9,340,854	3,423,824
2015	3,400,015	-	-	-	-	3,842,078

Tabel 3. Hasil Prediksi AGM(1,1)

Tahun	Data Aktual	Data Prediksi
2010	1,374,205	
2011	1,000,000	
2012	2,171,734	
2013	2,583,057	
2014	3,139,872	
2015	3,400,015	3,842,078
2016	3,899,193	3,909,073
2017	5,085,241	4,251,906
2018	5,443,179	5,448,121
2019	5,699,357	6,384,024
2020	5,611,511	6,488,828
2021	5,703,100	5,918,986
2022	5,531,195	5,777,955
2023	5,840,561	5,544,656
2024	6,025,070	5,793,555

Untuk memperjelas perbandingan antara data aktual dan hasil prediksi, disajikan visualisasi data pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Prediksi AGM (1,1)

Perbandingan data aktual dan data prediksi yang disajikan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa hasil prediksi dengan menggunakan AGM (1,1) memiliki tren data yang hampir sama dengan data aktual. Setelah mendapatkan hasil prediksi, diperlukan evaluasi pada AGM (1,1) untuk mengetahui tingkat akurasi model dalam prediksi data. Evaluasi model dihitung dengan menggunakan MAE dan MAPE. Hasil MAE dan MAPE dari AGM (1,1) disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Nilai MAE dan MAPE AGM (1,1)		
Model	MAE	MAPE (%)
AGM (1,1)	384,227.98	7.45

Berdasarkan hasil evaluasi model pada Tabel 4, diketahui nilai MAE dan MAPE untuk AGM (1,1) adalah sebesar 384,227.98 dan 7.45%. Nilai MAE dan MAPE yang rendah ini mengindikasikan bahwa model yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan dalam jurnal yang disusun oleh Moreno et al. (2013), di mana nilai MAPE <10% diinterpretasikan sebagai hasil prediksi sangat akurat [20].

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *adaptive grey model* AGM (1,1) dapat memprediksi data pendapatan daerah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dengan baik. Hal ini terbukti dari evaluasi model yang menghasilkan nilai MAPE sebesar 7.45%, yang menunjukkan bahwa AGM (1,1) memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi. Dengan demikian, AGM (1,1) dapat digunakan untuk membantu pemerintah dalam memprediksi pendapatan daerah di masa mendatang, serta membantu dalam menyusun kebijakan anggaran yang lebih tepat.

5. Daftar Pustaka

- [1] "Direktorat Jenderal Perimbangan Keuangan | Apa yang Dimaksud dengan Pendapatan Daerah?" Accessed: Apr. 10, 2025. [Online]. Available: <https://djpk.kemenkeu.go.id/?ufaq=apa-yang-dimaksud-dengan-pendapatan-daerah>
- [2] "Mengenal Lebih Dalam Sumber-sumber Pendapatan Daerah – Gramedia Literasi." Accessed: Apr. 10, 2025. [Online]. Available: https://www.gramedia.com/literasi/sumber-pendapatan-daerah/#Perpajakan_Teori_dan_Praktik_Berdasarkan_Aturan_Terbaru
- [3] S. W. Gultom, "Prediksi Jumlah Pendapatan Daerah Pada Kantor BPKPAD dengan Metode Fuzzy Time Series," *TIN: Terapan Informatika Nusantara*, vol. 3, no. 5, pp. 205–213, Oct. 2022, doi: 10.47065/tin.v3i5.4114.

- [4] F. Ginting, E. Buulolo, and E. R. Siagian, "Implementasi Algoritma Regresi Linear Sederhana dalam Memprediksi Besaran Pendapatan Daerah (Studi Kasus: Dinas Pendapatan Kab. Deli Serdang)," *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komputer)*, vol. 3, no. 1, pp. 274–279, Nov. 2019, doi: 10.30865/komik.v3i1.1602.
- [5] D. Julong, "Introduction to Grey System Theory," *The Journal of Grey System 1*, pp. 1–24, Nov. 1989.
- [6] Y. Wang, F. Wei, C. Sun, and Q. Li, "The Research of Improved Grey GM (1, 1) Model to Predict the Postprandial Glucose in Type 2 Diabetes," *Biomed Res Int*, vol. 2016, 2016, doi: 10.1155/2016/6837052.
- [7] G. Comert, Z. Khan, M. Rahman, and M. Chowdhury, "Grey Models for Short-Term Queue Length Predictions for Adaptive Traffic Signal Control," *Expert Syst Appl*, vol. 185, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.eswa.2021.115618.
- [8] L. Liu, Y. Chen, and L. Wu, "The Damping Accumulated Grey Model and Its Application," *Commun Nonlinear Sci Numer Simul*, vol. 95, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.cnsns.2020.105665.
- [9] G. Comert, N. Begashaw, and N. Huynh, "Improved Grey System Models for Predicting Traffic Parameters," *Expert Syst Appl*, vol. 177, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.eswa.2021.114972.
- [10] K. Yin, Y. Geng, and X. Li, "Improved Grey Prediction Model Based on Exponential Grey Action Quantity," *Journal of Systems Engineering and Electronics*, vol. 29, no. 3, pp. 560–570, Jun. 2018, doi: 10.21629/JSEE.2018.03.13.
- [11] D. C. Li and C. W. Yeh, "A Non-Parametric Learning Algorithm for Small Manufacturing data sets," *Expert Syst Appl*, vol. 34, no. 1, pp. 391–398, Jan. 2008, doi: 10.1016/j.eswa.2006.09.008.
- [12] R. S. Mishra, R. Kumar, S. Dhingra, S. Sengupta, T. Sharma, and G. D. Gautam, "Adaptive Grey Model (AGM) Approach for Judgemental Forecasting in Short-Term Manufacturing Demand," *Mater Today Proc*, vol. 56, pp. 3740–3746, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.12.531.
- [13] M. D. Kartikasari and H. Maghfuroh, "Prediction of Outstanding Claims Liability in Non-Life Insurance: An Application of Adaptive Grey Model," *EKSAKTA: Journal of Sciences and Data Analysis*, pp. 109–115, Sep. 2021, doi: 10.20885/eksakta.vol2.iss2.art4.
- [14] D. C. Li, C. J. Chang, C. C. Chen, and W. C. Chen, "Forecasting Short-Term Electricity Consumption Using the Adaptive Grey-Based Approach-An Asian Case," *Omega (Westport)*, vol. 40, no. 6, pp. 767–773, 2012, doi: 10.1016/j.omega.2011.07.007.
- [15] C. J. Chang, D. C. Li, W. L. Dai, and C. C. Chen, "Utilizing an Adaptive Grey Model for Short-Term Time Series Forecasting: A Case Study of Wafer-Level Packaging," *Math Probl Eng*, vol. 2013, pp. 1–6, 2013, doi: 10.1155/2013/526806.
- [16] "List Master Data | Aplikasi Dataku." Accessed: Apr. 30, 2025. [Online]. Available: https://bapperida.jogjaprovo.go.id/dataku/data_dasar/index/34-ringkasan-apbd#14
- [17] D. C. Montgomery, C. L. Jennings, and M. Kulahci, *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*, 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2015.
- [18] A. A. Asmaradana, E. Widodo, and R. Artikel, "Penerapan Metode Peramalan Double Exponential Smoothing pada Indeks Harga Konsumen Kota Yogyakarta," *Emerging Statistics and Data Science Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 30–36, 2023, [Online]. Available: <https://jogjakota.bps.go.id/>.
- [19] M. A. Nugroho, F. Yuliana, A. K. Sholikhah, and Y. D. Rosita, "Analyzing Potential Rice Harvest Area in Mojokerto Regency in 2021 Using Area Sample Framework (ASF)," vol. 3, pp. 151–162, Oct. 2023, [Online]. Available: <https://journal.uin.ac.id/ENTHUSIASTIC>
- [20] J. J. Montaña Moreno, A. Palmer Pol, A. Sesé Abad, and B. Cajal Blasco, "Using the R-MAPE Index as a Resistant Measure of Forecast Accuracy," *Psicothema*, vol. 25, no. 4, pp. 500–506, 2013, doi: 10.7334/psicothema2013.23.