

Prediksi Produktivitas Padi di Provinsi Nusa Tenggara Barat Tahun 2025 Menggunakan Metode Regresi Linear Berdasarkan Data Tahun 2019–2024

Alya Yayan Apriyandi^{1,a,*}, Baiq Fiky Renita^a
^aProgram Studi Ilmu Komputer, Universitas Bumigora, Mataram, Indonesia
¹alyayanapryndi@gmail.com*
*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article history Received April 16, 2026 Revised April 17, 2026 Accepted April 17, 2026 Published April 30, 2026 Keywords Rice productivity Multiple Linear Regression Harvested area, Rice production Agricultural prediction Food security  License by CC-BY-SA Copyright © 2026, The Author(s).	This study examines fluctuations in rice productivity in West Nusa Tenggara Province during the period 2019–2024. The issue is important because rice productivity is directly related to production planning, food availability, and regional food security strategies. This study aims to analyze the effects of harvested area and rice production on rice productivity and to develop a prediction model using Multiple Linear Regression. The data used in this research are secondary data obtained from official publications of Statistics Indonesia (BPS), covering three main variables: harvested area, rice production, and rice productivity. The research stages include data collection, data cleaning, productivity calculation, descriptive statistical analysis, regression modeling, model evaluation, and interpretation of results. The analysis indicates that harvested area and rice production simultaneously explain variations in rice productivity with a very high coefficient of determination. The production coefficient is positive, while the harvested area coefficient is negative in the model, indicating that increased production without proportional expansion of harvested area tends to improve productivity. The resulting model can serve as an initial data-driven approach to support agricultural planning, although future research should incorporate climate, irrigation, fertilizer application, seed variety, and cultivation technology variables to improve prediction accuracy.
How to cite: Apriyandi, A. Y., & Renita, B. F. (2026). Prediksi Produktivitas Padi di Provinsi Nusa Tenggara Barat Tahun 2025 Menggunakan Metode Regresi Linear Berdasarkan Data Tahun 2019–2024. <i>Journal of Science and Technology: Alpha</i>, 2(2), 51-. doi: https://doi.org/10.70716/alpha.v2i2.477	

PENDAHULUAN

Padi merupakan komoditas pangan strategis yang memiliki peran penting dalam menjaga stabilitas sosial, ekonomi, dan politik di Indonesia. Beras sebagai produk utama dari tanaman padi masih menjadi bahan pangan pokok sebagian besar masyarakat, sehingga perubahan produktivitas padi berpotensi memengaruhi ketersediaan pangan, harga beras, dan daya beli masyarakat. Dalam konteks daerah, Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) merupakan salah satu wilayah yang memiliki kontribusi penting dalam produksi padi nasional karena struktur ekonominya masih sangat dipengaruhi oleh sektor pertanian.

Produktivitas padi tidak hanya ditentukan oleh luas lahan yang dipanen, tetapi juga oleh efisiensi proses budidaya, ketersediaan sarana produksi, kondisi iklim, irigasi, kualitas benih, tingkat serangan hama, dan kemampuan petani mengadopsi teknologi pertanian. Oleh karena itu, peningkatan luas panen belum tentu selalu menghasilkan peningkatan produktivitas. Kondisi tersebut terlihat pada beberapa daerah yang mengalami fluktuasi produksi meskipun luas panen relatif tidak berubah secara ekstrem. Fluktuasi inilah yang menjadi dasar perlunya pendekatan kuantitatif untuk memahami hubungan antara luas panen, produksi, dan produktivitas padi.

Berdasarkan tabel statistik resmi BPS tentang luas panen, produktivitas, dan produksi padi menurut provinsi, data padi tersedia secara periodik dan dapat digunakan sebagai basis analisis kuantitatif untuk melihat dinamika antarwilayah maupun antartahun. Dalam penelitian ini, data tahun 2019–2024 digunakan agar hasil analisis lebih aktual dibandingkan penelitian yang hanya memanfaatkan data hingga tahun 2023. Pemutakhiran periode data penting karena kondisi pertanian setelah pandemi, perubahan harga input, dinamika iklim, dan kebijakan pangan daerah dapat memengaruhi pola produktivitas padi.

Secara metodologis, Regresi Linear Berganda dipilih karena mampu menguji pengaruh lebih dari satu variabel independen terhadap satu variabel dependen. Dalam penelitian ini, variabel independen yang digunakan adalah luas panen dan produksi padi, sedangkan variabel dependen adalah produktivitas padi. Pemilihan dua variabel tersebut didasarkan pada hubungan konseptual bahwa produktivitas merupakan indikator hasil produksi per satuan luas. Dengan demikian, model regresi dapat digunakan untuk melihat seberapa besar perubahan produktivitas dapat dijelaskan oleh perubahan luas panen dan produksi. Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan data terbaru hingga tahun 2024 untuk Provinsi Nusa Tenggara Barat serta penyusunan model prediksi produktivitas berbasis Regresi Linear Berganda yang disertai evaluasi statistik. Selain itu, penelitian ini menekankan bahwa model berbasis dua variabel utama dapat menjadi baseline model sebelum dikembangkan menggunakan variabel lain yang lebih kompleks seperti curah hujan, indeks vegetasi, suhu, irigasi, pupuk, dan teknologi budidaya.

Research gap yang diangkat dalam penelitian ini adalah masih terbatasnya pemanfaatan data resmi tahunan untuk membangun model prediksi produktivitas padi yang sederhana, mudah dipahami, dan dapat digunakan sebagai rujukan awal oleh pengambil kebijakan daerah. Sebagian penelitian prediksi hasil pertanian telah menggunakan metode machine learning yang lebih kompleks, namun tidak selalu mudah diterapkan oleh instansi daerah apabila data yang tersedia masih terbatas. Oleh karena itu, model regresi linear berganda tetap relevan sebagai pendekatan awal yang transparan dan interpretatif.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan: (1) menyusun dataset produktivitas padi NTB tahun 2019–2024; (2) menganalisis hubungan antara luas panen, produksi padi, dan produktivitas padi; (3) membangun model prediksi produktivitas padi menggunakan Regresi Linear Berganda; dan (4) memberikan rekomendasi pengembangan model untuk mendukung perencanaan ketahanan pangan daerah.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain analisis prediktif. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian berfokus pada pengolahan data numerik dan pengujian hubungan antarvariabel. Model prediktif dibangun menggunakan Regresi Linear Berganda untuk mengestimasi produktivitas padi berdasarkan luas panen dan produksi padi.

Data yang digunakan adalah data sekunder Provinsi Nusa Tenggara Barat tahun 2019–2024. Unit analisis yang digunakan dalam naskah ini adalah data tahunan tingkat provinsi. Dengan demikian, jumlah observasi yang dianalisis adalah enam observasi. Jumlah observasi yang terbatas menjadi salah satu keterbatasan penelitian, sehingga hasil penelitian sebaiknya diposisikan sebagai model awal atau baseline model.

Sumber dan Variabel Data

Data penelitian diperoleh dari tabel statistik BPS mengenai luas panen, produktivitas, dan produksi padi menurut provinsi. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan pada Tabel 2.

Simbol	Variabel	Satuan	Keterangan
Y	Produktivitas padi	ku/ha	Variabel dependen
X1	Luas panen	hektar	Variabel independen pertama
X2	Produksi padi	ton GKG	Variabel independen kedua

Tabel 2. Definisi operasional variabel penelitian.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian terdiri atas: (1) identifikasi masalah produktivitas padi di NTB; (2) pengumpulan data sekunder dari BPS; (3) pembersihan dan penyeragaman satuan data; (4) penyusunan dataset 2019–2024; (5) analisis statistik deskriptif; (6) pemodelan Regresi Linear Berganda; (7) evaluasi model menggunakan R^2 , adjusted R^2 , uji F, uji t, dan analisis residual; serta (8) penyusunan interpretasi dan rekomendasi.

Produktivitas dihitung dengan rumus: $\text{Produktivitas} = (\text{Produksi} / \text{Luas Panen}) \times 10$. Faktor pengali 10 digunakan karena produksi dinyatakan dalam ton dan produktivitas dalam kuintal per hektar. Rumus ini menjelaskan hubungan konseptual antara produksi, luas panen, dan produktivitas, sehingga analisis harus dilakukan secara hati-hati agar tidak terjadi interpretasi berlebihan.

Model Regresi

Model matematis yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$$

Keterangan: Y adalah produktivitas padi, X_1 adalah luas panen, X_2 adalah produksi padi, β_0 adalah konstanta, β_1 dan β_2 adalah koefisien regresi, dan ε adalah galat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dataset Penelitian

Dataset penelitian disusun berdasarkan periode 2019–2024. Tabel 3 menampilkan data yang digunakan dalam pemodelan. Sebelum naskah disubmit, angka pada tabel ini perlu dicocokkan kembali dengan unduhan resmi BPS agar tidak terjadi perbedaan akibat revisi publikasi statistik.

Tahun	Luas Panen (ha)	Produksi Padi (ton GKG)	Produktivitas (ku/ha)
2019	281,666.4	1,402,557.1	49.79
2020	273,460.8	1,317,300.4	48.17
2021	276,211.6	1,419,430.9	51.39
2022	269,820.4	1,430,289.1	53.01
2023	285,600.1	1,493,254.4	52.28
2024	287,735.4	1,516,578.3	52.71

Tabel 3. Data luas panen, produksi, dan produktivitas padi NTB 2019–2024.

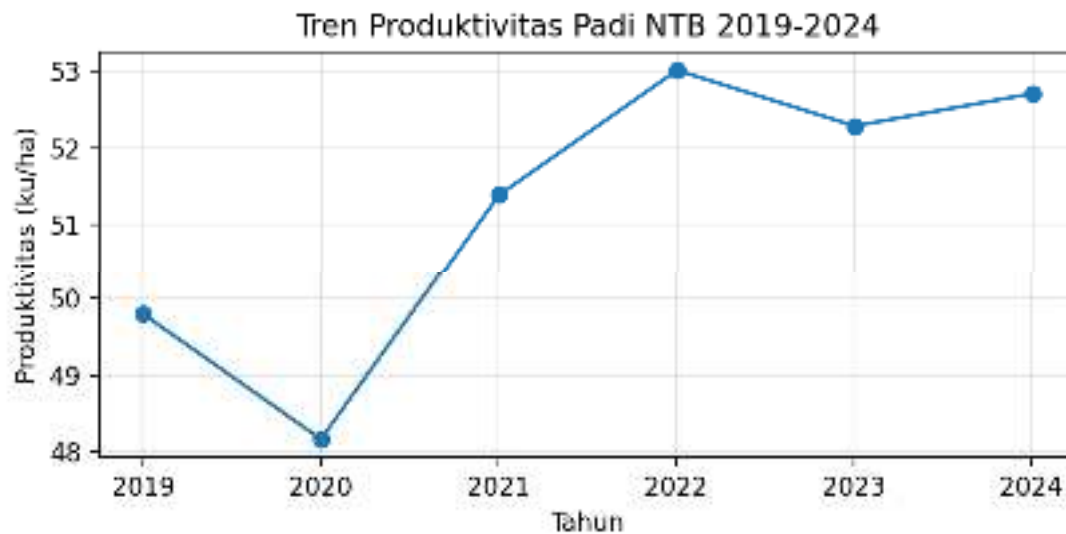
Analisis Deskriptif

Variabel	Min	Maks	Rata-rata	Std. Deviasi	Jumlah Data
Luas Panen (ha)	269,820.40	287,735.40	279,082.45	7,066.26	6
Produksi Padi (ton GKG)	1,317,300.40	1,516,578.30	1,429,901.70	70,799.67	6
Produktivitas (ku/ha)	48.17	53.01	51.23	1.89	6

Tabel 4. Statistik deskriptif variabel penelitian.

Berdasarkan Tabel 4, produktivitas padi NTB selama 2019–2024 berada pada rentang sekitar 48,17–53,01 ku/ha. Nilai tersebut menunjukkan adanya fluktuasi produktivitas antartahun. Tahun 2020 memiliki produktivitas terendah dalam dataset, sedangkan tahun 2022 menunjukkan produktivitas tertinggi. Fluktuasi

ini mengindikasikan bahwa perubahan produksi dan luas panen tidak selalu bergerak searah dengan produktivitas.



Gambar 1. Tren produktivitas padi NTB tahun 2019–2024.



Gambar 2. Perkembangan luas panen dan produksi padi NTB.

Hasil Regresi Linear Berganda

Hasil pemodelan Regresi Linear Berganda menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$Y = 52.2884 - 0.00018986X_1 + 0.00003631X_2$$

Variabel	Koefisien	Std. Error	t-statistik	p-value
const	52.28842646	0.70902369	73.7471	0.000005
Luas Panen (ha)	-0.00018986	0.00000344	-55.1989	0.000013
Produksi Padi (ton GKG)	0.00003631	0.00000034	105.7799	0.000002

Tabel 5. Hasil estimasi koefisien Regresi Linear Berganda.

R ²	Adjusted R ²	F-statistic	Sig. F
0.9997	0.9996	5944.3518	0.000004

Tabel 6. Ringkasan kelayakan model.

Nilai R² sebesar 0.9997 menunjukkan bahwa variasi produktivitas padi dalam dataset dapat dijelaskan oleh luas panen dan produksi padi dengan tingkat penjelasan yang sangat tinggi. Namun, nilai R² yang sangat tinggi perlu ditafsirkan secara hati-hati karena produktivitas secara matematis memang diturunkan dari produksi dan luas panen.

Koefisien luas panen bernilai negatif, yang menunjukkan bahwa peningkatan luas panen tanpa peningkatan produksi yang sebanding dapat menurunkan produktivitas. Sebaliknya, koefisien produksi bernilai positif, yang menunjukkan bahwa peningkatan produksi dengan luas panen yang relatif tetap akan meningkatkan produktivitas. Secara substantif, hasil ini sejalan dengan konsep produktivitas sebagai rasio antara output dan luas lahan.

Hasil uji F menunjukkan bahwa variabel luas panen dan produksi secara simultan berpengaruh terhadap produktivitas. Hasil uji t juga menunjukkan bahwa kedua variabel berpengaruh signifikan dalam model. Akan tetapi, karena jumlah observasi hanya enam tahun, pengujian signifikansi statistik tidak boleh ditafsirkan sebagai bukti kausal yang kuat. Model ini lebih tepat diposisikan sebagai alat prediksi awal dan bukan sebagai model final untuk menjelaskan seluruh faktor penentu produktivitas padi.

Evaluasi dan Keterbatasan Model

Nilai Durbin-Watson sebesar 1.994 mengindikasikan bahwa autokorelasi residual tidak terlihat kuat pada dataset ini. Namun, jumlah data yang kecil membuat pengujian normalitas, heteroskedastisitas, dan autokorelasi memiliki daya uji yang terbatas. Oleh karena itu, evaluasi model perlu dilengkapi dengan data kabupaten/kota atau data bulanan jika tersedia.

Keterbatasan utama penelitian ini adalah penggunaan variabel yang secara konseptual saling berhubungan. Produktivitas dihitung dari produksi dan luas panen, sehingga regresi antara produktivitas dengan dua variabel tersebut cenderung menghasilkan hubungan yang sangat kuat. Untuk memperkuat kualitas ilmiah, penelitian lanjutan sebaiknya memasukkan variabel eksogen yang tidak secara langsung membentuk rumus produktivitas, misalnya curah hujan, jumlah hari hujan, luas irigasi, penggunaan pupuk, indeks harga input, serangan organisme pengganggu tanaman, dan varietas benih.

Implikasi Kebijakan

Hasil penelitian memberikan implikasi bahwa strategi peningkatan produktivitas tidak cukup hanya diarahkan pada perluasan luas panen. Pemerintah daerah perlu memastikan bahwa peningkatan luas panen diikuti dengan peningkatan efisiensi produksi melalui perbaikan kualitas budidaya, penguatan irigasi, penyediaan benih unggul, dan dukungan teknologi pertanian.

Model prediksi sederhana seperti Regresi Linear Berganda dapat digunakan sebagai alat bantu awal dalam perencanaan produksi dan evaluasi kinerja sektor pertanian. Model ini dapat membantu pemangku kepentingan melihat skenario perubahan produktivitas ketika terjadi perubahan pada luas panen dan produksi. Namun, untuk perencanaan kebijakan jangka panjang, model perlu dikembangkan dengan variabel yang lebih lengkap agar mampu menangkap dinamika pertanian secara lebih realistis.

Bagi peneliti, naskah ini dapat menjadi dasar pengembangan model prediksi produktivitas padi yang lebih kuat. Penambahan data panel kabupaten/kota di NTB dapat meningkatkan jumlah observasi dari enam menjadi enam puluh jika menggunakan sepuluh kabupaten/kota selama enam tahun. Model panel seperti fixed effect, random effect, atau machine learning berbasis data panel dapat menjadi arah pengembangan penelitian selanjutnya.

Saran untuk penelitian berikutnya adalah menggunakan data panel kabupaten/kota di Provinsi Nusa Tenggara Barat agar jumlah observasi meningkat dan variasi spasial dapat dianalisis. Selain itu, peneliti

disarankan menambahkan variabel curah hujan, suhu, irigasi, pupuk, benih unggul, serangan hama, dan teknologi budidaya. Dengan data yang lebih lengkap, model prediksi dapat dibandingkan menggunakan beberapa metode, seperti regresi panel, random forest, gradient boosting, dan neural network.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, jumlah observasi masih terbatas karena menggunakan data tahunan tingkat provinsi. Kedua, variabel independen yang digunakan masih terbatas pada luas panen dan produksi padi. Ketiga, produktivitas secara matematis dihitung dari produksi dan luas panen, sehingga hubungan regresi yang dihasilkan cenderung sangat kuat. Keterbatasan ini perlu diperhatikan agar hasil penelitian tidak ditafsirkan secara berlebihan.

Kontribusi Penelitian

Selain validasi statistik, validasi substantif juga diperlukan. Validasi substantif dilakukan dengan memastikan bahwa arah koefisien dan interpretasi model sesuai dengan teori agronomi dan statistik pertanian. Misalnya, koefisien produksi yang positif dapat diterima karena peningkatan produksi dengan luas panen relatif tetap akan meningkatkan produktivitas. Sebaliknya, koefisien luas panen yang negatif dapat terjadi ketika perluasan panen tidak diikuti peningkatan output yang proporsional. Dengan demikian, evaluasi model tidak hanya didasarkan pada angka R^2 , tetapi juga pada kesesuaian logika pertanian.

Validasi model merupakan tahapan penting dalam penelitian prediktif. Pada dataset kecil, evaluasi model menggunakan data latih saja cenderung menghasilkan nilai akurasi yang terlalu optimistik. Oleh karena itu, validasi dapat dilakukan dengan pendekatan leave-one-out cross validation (LOOCV), yaitu menguji model secara bergantian dengan menyisakan satu tahun sebagai data uji dan tahun lainnya sebagai data latih. Pendekatan ini lebih sesuai untuk dataset yang jumlah observasinya terbatas.

Strategi Validasi Model

Selain regresi linear, metode pembandingan seperti Random Forest, Gradient Boosting, Support Vector Regression, dan Artificial Neural Network dapat digunakan apabila jumlah data sudah mencukupi. Namun, metode yang lebih kompleks perlu disertai evaluasi yang ketat agar tidak terjadi overfitting. Oleh karena itu, pembagian data latih dan data uji, validasi silang, serta penggunaan metrik seperti RMSE, MAE, MAPE, dan R^2 perlu diterapkan secara konsisten.

Pengembangan berikutnya juga dapat dilakukan dengan menambahkan variabel iklim. Produktivitas padi sangat dipengaruhi oleh curah hujan, jumlah hari hujan, suhu udara, kelembapan, dan kejadian iklim ekstrem. Variabel tersebut dapat diperoleh dari stasiun klimatologi atau data satelit. Integrasi data pertanian dan data iklim berpotensi menghasilkan model prediksi yang lebih stabil karena produktivitas padi tidak hanya bergantung pada luas panen dan produksi, tetapi juga pada kondisi agroklimat selama musim tanam. Model Regresi Linear Berganda dalam penelitian ini sengaja ditempatkan sebagai baseline model. Baseline model diperlukan agar penelitian memiliki titik pembandingan yang jelas sebelum dikembangkan ke metode yang lebih kompleks. Dalam penelitian lanjutan, model dapat dikembangkan menjadi regresi data panel dengan unit analisis kabupaten/kota, sehingga variasi antarwilayah dapat dianalisis secara lebih rinci. Penggunaan data panel juga memungkinkan peneliti menguji apakah karakteristik wilayah seperti kondisi irigasi, topografi, kepadatan penduduk, dan struktur lahan pertanian memengaruhi produktivitas padi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa model Long Short-Term Memory (LSTM) dan Gated Recurrent Unit (GRU) mampu mempelajari pola historis harga saham PT Telekomunikasi Indonesia Tbk (TLKM) dengan baik. Proses pelatihan dan pengujian menggunakan data historis saham berbasis *time series* menunjukkan bahwa kedua model memiliki kemampuan dalam memprediksi pergerakan harga saham berdasarkan pola data masa lalu.

Hasil evaluasi menggunakan metrik Mean Squared Error (MSE), Root Mean Squared Error (RMSE), dan Mean Absolute Error (MAE) menunjukkan bahwa model GRU menghasilkan tingkat kesalahan prediksi yang lebih rendah dibandingkan model LSTM. Selain itu, visualisasi hasil prediksi memperlihatkan bahwa

kurva prediksi GRU lebih mendekati pola pergerakan harga saham aktual, sehingga menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam mengikuti dinamika data historis. Dengan jumlah parameter yang lebih sedikit, GRU juga memiliki efisiensi komputasi yang lebih tinggi dibandingkan LSTM, sehingga lebih sesuai digunakan pada proses prediksi data *time series* yang memerlukan waktu pelatihan relatif singkat.

Penelitian ini berhasil mencapai tujuan utama, yaitu membandingkan performa metode LSTM dan GRU dalam memprediksi harga saham PT Telekomunikasi Indonesia Tbk (TLKM). Berdasarkan hasil pengujian, model GRU terbukti memberikan performa yang lebih baik dibandingkan LSTM pada dataset yang digunakan. Temuan ini menunjukkan bahwa GRU dapat menjadi alternatif yang efektif dalam pengembangan sistem prediksi harga saham berbasis *deep learning*, khususnya pada data *time series* dengan karakteristik fluktuatif dan kompleks.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan metode prediksi harga saham berbasis kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) serta menjadi referensi bagi investor, akademisi, maupun peneliti dalam memilih model prediksi yang sesuai untuk analisis pasar modal. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menggunakan dataset dengan periode yang lebih panjang, menambahkan variabel eksternal seperti indikator ekonomi makro, sentimen pasar, maupun indikator teknikal, serta membandingkan LSTM dan GRU dengan metode *deep learning* lainnya, seperti **Bidirectional LSTM (BiLSTM)**, **Transformer**, atau model hibrida, sehingga dapat diperoleh model prediksi dengan tingkat akurasi dan kemampuan generalisasi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat Dalam Angka 2025. Mataram: BPS Provinsi NTB, 2025.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat Dalam Angka 2024. Mataram: BPS Provinsi NTB, 2024.
- D. C. Montgomery, E. A. Peck, and G. G. Vining, *Introduction to Linear Regression Analysis*, 5th ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2012.
- D. N. Gujarati and D. C. Porter, *Basic Econometrics*, 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2009.
- J. W. Creswell and J. D. Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 5th ed. Thousand Oaks, CA: SAGE, 2018.
- A. K. Srivastava, N. Safaei, S. Khaki, G. Lopez, W. Zeng, F. Ewert, T. Gaiser, and J. Rahimi, "Winter wheat yield prediction using convolutional neural networks from environmental and phenological data," *arXiv preprint arXiv:2105.01282*, 2021.
- I. Gupta, S. Ayalasomayajula, Y. Shashidhara, A. Kataria, S. Shashidhara, K. Kataria, and A. Undurti, "Innovations in agricultural forecasting: A multivariate regression study on global crop yield prediction," *arXiv preprint arXiv:2312.02254*, 2023.
- Y. Yan, Y. Wang, J. Li, J. Zhang, and X. Mo, "Crop yield time-series data prediction based on multiple hybrid machine learning models," *arXiv preprint arXiv:2502.10405*, 2025.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, "FAOSTAT Crops and Livestock Products," FAO, 2024. [Online]. Available: <https://www.fao.org/faostat/>
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia, *Statistik Pertanian 2024*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2024.
- Badan Ketahanan Pangan, *Peta Ketahanan dan Kerentanan Pangan Indonesia*. Jakarta: Kementerian Pertanian, 2023.
- R. Johnson and D. Wichern, *Applied Multivariate Statistical Analysis*, 6th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson, 2007.
- G. James, D. Witten, T. Hastie, and R. Tibshirani, *An Introduction to Statistical Learning*, 2nd ed. New York: Springer, 2021.

- T. Hastie, R. Tibshirani, and J. Friedman, *The Elements of Statistical Learning*, 2nd ed. New York: Springer, 2009.
- R. G. D. Steel, J. H. Torrie, and D. A. Dickey, *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1997.
- World Bank, "Climate Change Knowledge Portal: Indonesia," 2024. [Online]. Available: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/>
- International Rice Research Institute, "Rice Knowledge Bank," IRRI, 2024. [Online]. Available: <http://www.knowledgebank.irri.org/>
- OECD and FAO, *OECD-FAO Agricultural Outlook 2024–2033*. Paris: OECD Publishing, 2024.
- Badan Pusat Statistik, *Statistik Indonesia 2025*. Jakarta: BPS-Statistics Indonesia, 2025.