



Dampak Variabilitas Curah Hujan terhadap Ketahanan Pangan dan Keberlanjutan Ekosistem Perairan Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan

The Impact of Rainfall Variability on Food Security and the Sustainability of Aquatic Ecosystems in Barru Regency, South Sulawesi

Agus Kurniawan B^{1*}, Awaluddin², Junaedi²

¹ Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan. Universitas Puangrimanggalatung, Indonesia.

² Program Studi Magister Ketahanan Pangan. Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene dan Kepulauan, Indonesia.

Article Information	Abstract
Revised : 20/11/2025	Rainfall variability is an important factor in food security and the balance of aquatic ecosystems, especially in coastal areas such as Barru Regency, South Sulawesi. This study aims to analyze rainfall trends over the last five years (2019–2023) and evaluate its impact on the agricultural and fisheries sectors. Rainfall data was collected from various observation stations and analyzed using descriptive statistical methods, spatial mapping based on Geographic Information System (GIS), and predictive modeling using Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) and Machine Learning. The research results show significant fluctuations in rainfall patterns, with the highest increase in rainfall in 2021–2022 and a drastic decrease in 2023. This variability causes an imbalance in water availability, which impacts cropping patterns, agricultural productivity, and the risk of floods and droughts. In the fisheries sector, changes in rainfall contribute to increased sedimentation and fluctuations in salinity in coastal waters, which affect fish habitats and the sustainability of marine ecosystems. Model predictions show that rainfall patterns in Barru Regency follow a two- to three-year cycle, with the possibility of increasing again in 2024–2025. To face this challenge, data-based mitigation strategies are needed, including building water storage infrastructure, implementing adaptive irrigation systems, and strengthening early warning systems based on predictive models. The results of this research contribute to water resource management and food security, as well as supporting climate change adaptation policies in tropical coastal areas.
Accepted : 27/01/2026	
Published : 01/06/2026	
Keywords	
Aquatic ecosystems, Barru Regency. Climate change mitigation, Food security, Rainfall variability,	
Correspondence	
Agus Kurniawan B aguskurniawanb.uniprima@gmail.com	

PENDAHULUAN

Ketahanan pangan dan keberlanjutan ekosistem perairan merupakan dua aspek yang saling berkaitan dan sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim, terutama variabilitas curah hujan. Curah hujan memainkan peran penting dalam menjaga siklus hidrologi dan produktivitas sumber daya alam, khususnya di wilayah pesisir seperti Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan. Dalam beberapa dekade terakhir, perubahan iklim global telah memicu ketidakaturan pola curah hujan yang berdampak pada ketersediaan air, pertanian, dan perikanan (King *et al.*, 2016; Naylor *et al.*, 2007).

Fenomena *El Niño* dan *La Niña* menjadi penyebab utama anomali curah hujan di wilayah tropis. *El Niño* kerap memperpanjang musim kemarau dan menurunkan curah hujan secara signifikan, sedangkan *La Niña* memicu curah hujan tinggi dan intensif yang meningkatkan risiko banjir (Supari *et al.*, 2018; Lu & Ren, 2020). Di Kabupaten Barru, fluktuasi curah hujan dalam

lima tahun terakhir (2019–2023) menunjukkan pola ekstrem dengan curah hujan tertinggi terjadi pada 2022 dan penurunan tajam pada 2023 (Yusuf *et al.*, 2023). Ketidakteraturan ini menciptakan ketidakpastian sistem agrikultur dan perikanan lokal (Anwar *et al.*, 2023).

Di sektor pertanian, variabilitas curah hujan menyebabkan gangguan pada jadwal tanam dan panen, serta meningkatnya kejadian gagal panen akibat banjir atau kekeringan. Produksi padi menurun karena tekanan iklim yang tidak menentu, dan hal ini berdampak pada ketahanan pangan masyarakat (Prasetyo & Wijayanto, 2021; Lestari & Mulyani, 2022). Adaptasi petani menjadi krusial, seperti ditunjukkan oleh studi Yusuf *et al.*, (2023), bahwa petani di Sulawesi Selatan telah mengembangkan strategi adaptif, meskipun belum cukup efektif dalam menghadapi intensitas perubahan curah hujan saat ini.

Sektor perikanan juga tidak luput dari dampak, peningkatan curah hujan menyebabkan limpasan sedimen dan polutan ke perairan pesisir, menurunkan kualitas habitat perikanan dan memengaruhi komposisi spesies. Sementara penurunan curah hujan dapat meningkatkan salinitas di muara dan estuari, mengganggu siklus hidup ikan dan produktivitas tambak (Hadi *et al.*, 2021; Budiarto & Santoso, 2020; Nugraha & Sari, 2023).

Dengan meningkatnya frekuensi kejadian iklim ekstrem, pemodelan prediksi curah hujan menjadi penting untuk menyusun strategi adaptasi yang tepat. Hasil studi Widodo & Setiawan, (2022) menekankan bahwa penggunaan *ARIMA* dan *machine learning* dapat meningkatkan ketepatan prediksi curah hujan, terutama jika didukung oleh data spasial dan observasi lapangan. Penelitian ini juga relevan dengan pendekatan konservasi air dan manajemen sumber daya air lokal seperti pembangunan embung dan waduk (Putra *et al.*, 2023; Anshori *et al.*, 2021).

Penelitian ini menganalisis data curah hujan dari stasiun pengamatan di Barru dan mengaitkannya dengan data produksi pertanian dan perikanan, menggunakan analisis statistik deskriptif, pemetaan spasial dengan *GIS*, dan pemodelan prediktif *ARIMA* serta *Algoritma Machine Learning* seperti *Random Forest* dan *SVM*. Hal ini memungkinkan pemahaman yang lebih akurat dan lokal mengenai dampak iklim terhadap sistem pangan dan ekosistem perairan.

Hasil penelitian diharapkan berkontribusi secara ilmiah dalam pengembangan metodologi pemodelan iklim dan pangan, serta memberikan manfaat praktis bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan dalam penguatan sistem ketahanan pangan dan pengelolaan sumber daya berbasis data iklim. Pendekatan interdisipliner ini menjadi landasan penting dalam menghadapi tantangan perubahan iklim di daerah pesisir Indonesia.

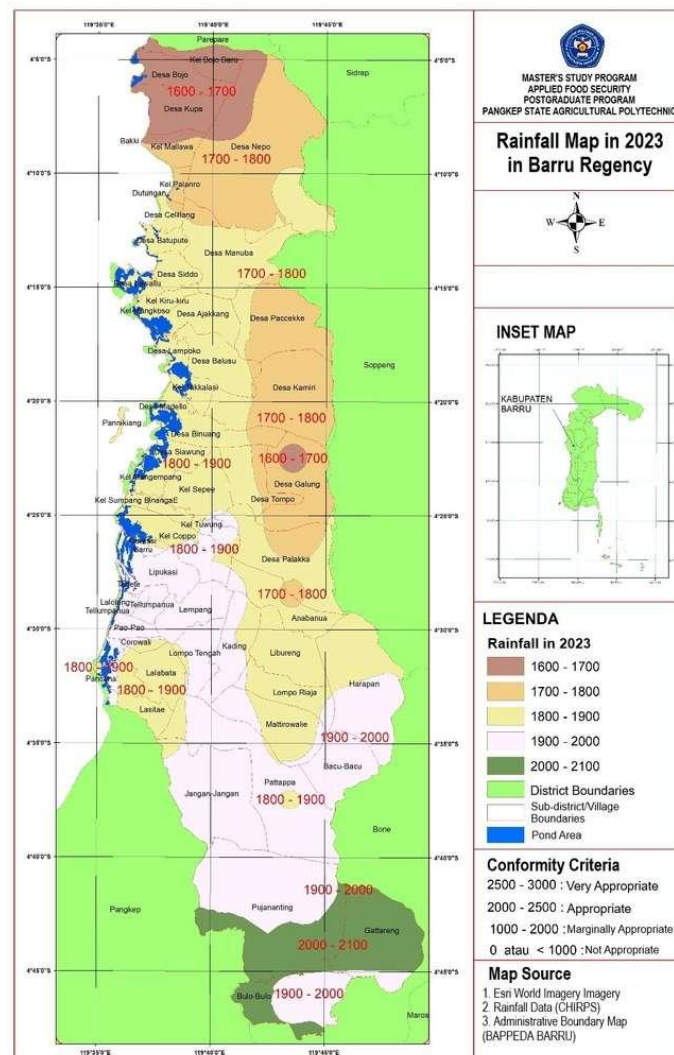
METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan, pada enam kecamatan utama yang mencerminkan kondisi agroekosistem pesisir tropis. Rentang waktu penelitian berlangsung dari tahun 2019 hingga 2023. Data utama yang digunakan adalah data curah hujan harian dari 15 stasiun pengamatan, sedangkan data tambahan mencakup produksi pertanian dan perikanan, serta data sosial ekonomi yang diperoleh dari BMKG, Dinas Pertanian, Dinas Kelautan dan Perikanan, serta BPS Kabupaten Barru.

Pengumpulan data dilakukan melalui metode dokumentasi dan survei lapangan. Data sekunder diperoleh melalui lembaga resmi, sedangkan data primer dilakukan wawancara dengan pemangku kepentingan ditentukan menggunakan *stratified purposive sampling*. Stratifikasi didasarkan pada (i) lokasi kecamatan (enam kecamatan lokasi penelitian) dan (ii) mata pencaharian (petani dan nelayan). Kriteria inklusi meliputi: (a) berdomisili di Kecamatan lokasi penelitian ≥ 3 tahun, (b) aktif sebagai petani/nelayan ≥ 3 tahun, (c) berusia ≥ 18 tahun, dan (d) bersedia menjadi responden.

Jumlah responden ditetapkan sebanyak 60 orang, terdiri dari 30 petani dan 30 nelayan. Distribusi dilakukan merata di tiap kecamatan, yakni 10 orang/kecamatan (masing-masing 5 petani dan 5 nelayan). Pemilihan individu pada tiap strata dilakukan secara purposive dengan bantuan ketua kelompok tani/nelayan dan penyuluh setempat untuk memastikan keterwakilan jenis usaha (sawah/ladang; tangkap/tambak) serta variasi pengalaman. Apabila responden yang memenuhi kriteria sulit ditemukan pada suatu desa, digunakan snowball terbatas hingga kuota terpenuhi.

Teknik wawancara menggunakan panduan semi-terstruktur yang mencakup topik persepsi variabilitas curah hujan, dampak pada pola tanam/penangkapan, perubahan hasil, strategi adaptasi, dan kebutuhan dukungan kebijakan. Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat ukur curah hujan manual, *GPS Garmin eTrex 32x* untuk pemetaan koordinat, serta perangkat lunak *Microsoft Excel*, *SPSS 26*, *ArcGIS Pro 3.1*, dan *RStudio*.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Figure 1. Research location map

Analisis data dilakukan secara bertahap. Pertama, dilakukan analisis statistik deskriptif untuk menggambarkan tren curah hujan. Kedua, analisis spasial dilakukan dengan metode *Inverse Distance Weighting (IDW)* menggunakan *GIS*. Ketiga, pemodelan prediktif dilakukan menggunakan *ARIMA* dan *algoritma Machine Learning (Random Forest dan SVM)* untuk

memproyeksi curah hujan ke depan Anwar *et al.*, (2023); Putra *et al.*, (2023); Hadi *et al.*, (2021); Widodo & Setiawan (2022); Haris & Kurnia (2021). Dengan persamaan sebagai berikut:

1. Rata-rata curah hujan (*mean rainfall*):

$$R^- = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$$

Keterangan

R^- : Rata-rata curah hujan

R_i : Curah hujan pada hari ke- i

n : Jumlah hari pengamatan

2. Model ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*):

$$\text{ARIMA}(p, d, q): \phi p(B)(1 - B)^d y_t = \theta q(B)\epsilon_t$$

Keterangan

B : Operator lag

p : Orde autoregressive

d : Derajat diferensiasi

q : Orde moving average

$\phi p(B)$: Polinomial moving average

$\theta q(B)$: Polinomial autoregressive

ϵ_t : Error acak

3. Akurasi Model (*Root Mean Square Error – RMSE*):

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

Keterangan

y_i : Nilai aktual

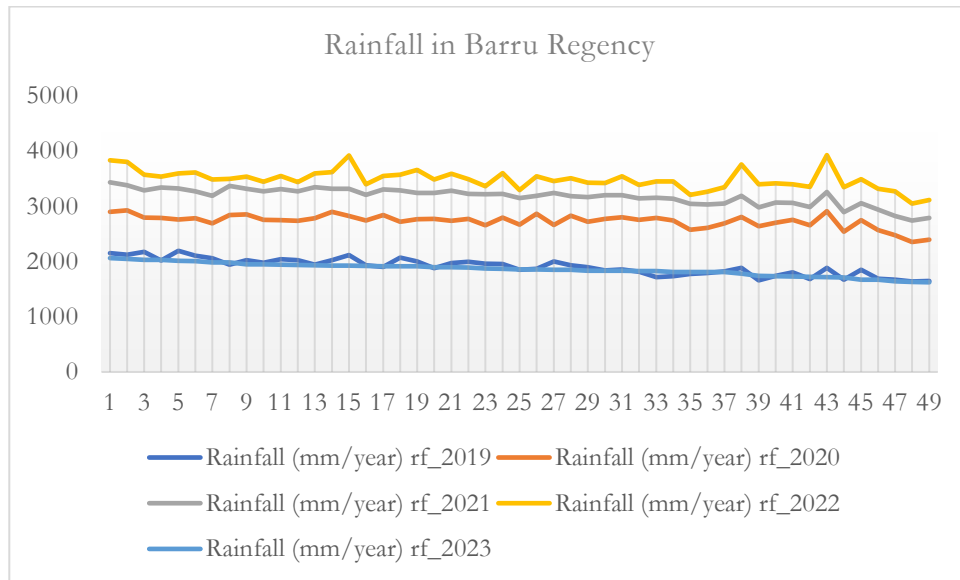
\hat{y}_i : Nilai prediksi

n : Jumlah data

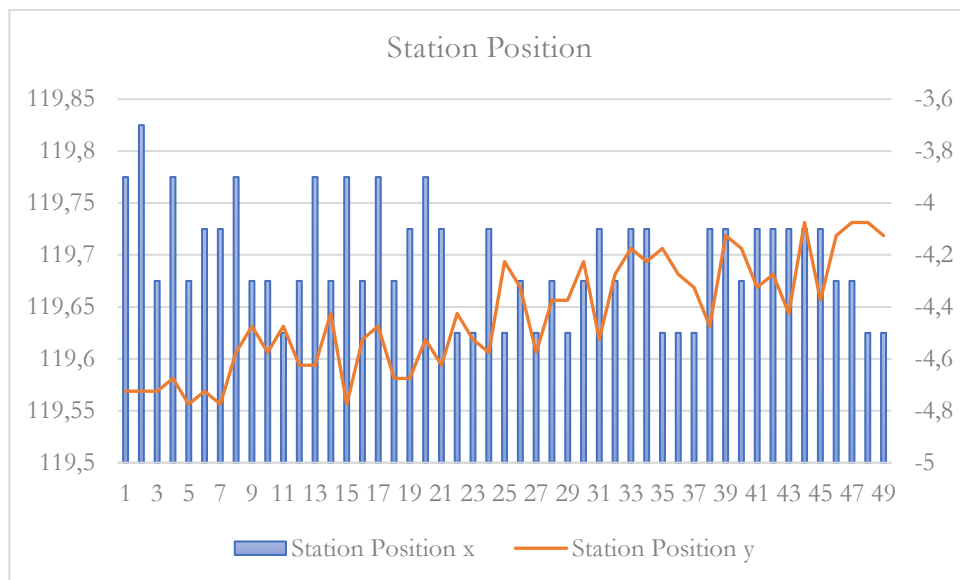
Hasil dari proses analisis ini digunakan untuk menyusun peta risiko dan strategi adaptasi lokal berbasis iklim yang ditujukan bagi ketahanan pangan dan pengelolaan ekosistem perairan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis data curah hujan dari berbagai stasiun pengamatan di Kabupaten Barru menunjukkan pola fluktuasi yang cukup signifikan dalam lima tahun terakhir. Seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1, curah hujan tertinggi terjadi pada tahun 2021 dan 2022, dengan rata-rata lebih dari 3000 mm per tahun di beberapa wilayah. Namun, terjadi penurunan tajam pada tahun 2023, dengan curah hujan di bawah 2000 mm per tahun di sebagian besar titik pengamatan. Pola ini mengindikasikan bahwa Kabupaten Barru mengalami variabilitas curah hujan yang tinggi, yang dapat dikaitkan dengan fenomena El Niño dan La Niña yang memengaruhi distribusi hujan secara global (Supari *et al.*, 2018; Qian *et al.*, 2013).



Gambar 2. Grafik curah hujan kabupaten Barru (2019–2023)
 Figure 2. Barru regency rainfall graph (2019–2023)



Gambar 3. Grafik posisi stasiun di kabupaten Barru (2019-2023)
 Figure 3. Graph of Station Positions in Barru Regency (2019–2023)

Pada Figure 2 dan 3 menunjukkan tren curah hujan tahunan di Kabupaten Barru. Dari tren ini, dapat disimpulkan bahwa periode 2021–2022 merupakan tahun dengan curah hujan tertinggi, sedangkan tahun 2023 mengalami penurunan signifikan. Hal ini menunjukkan adanya pola siklus dua hingga tiga tahun dalam variabilitas curah hujan, yang sejalan dengan studi terdahulu tentang pola hujan di Indonesia akibat perubahan iklim global (Anwar *et al.*, 2023).

Dampak Fluktuasi Curah Hujan terhadap Ketahanan Pangan

Variasi curah hujan yang signifikan dalam lima tahun terakhir berdampak langsung terhadap ketahanan pangan di Kabupaten Barru. Peningkatan curah hujan yang tinggi pada tahun 2021–2022 menyebabkan genangan air di lahan pertanian, yang berdampak pada penurunan hasil panen padi akibat kelebihan air dan meningkatnya risiko serangan hama. Sebaliknya, penurunan curah hujan pada tahun 2023 menyebabkan kondisi kekeringan, yang

mengurangi ketersediaan air untuk irigasi dan menurunkan produktivitas pertanian (Prasetyo & Wijayanto., 2021).

Tabel 2. Rerata curah hujan di kabupaten Barru (2019–2023)

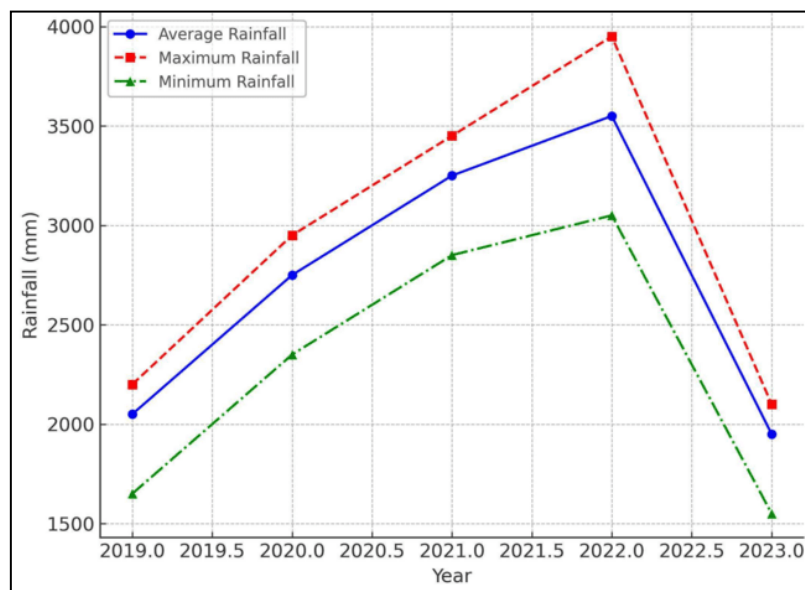
Table 2. Average rainfall in Barru Regency (2019–2023)

Year	Average Rainfall (mm)	Maximum Rainfall (mm)	Minimum Rainfall (mm)
2019	2050	2194	1660
2020	2750	2927	2354
2021	3250	3434	2827
2022	3550	3927	3049
2023	1900	2062	1624

Data dari Dinas Pertanian Kabupaten Barru menunjukkan bahwa produksi padi pada tahun 2021 mengalami sedikit penurunan akibat curah hujan yang tinggi, namun mengalami penurunan lebih drastis pada tahun 2023 akibat kekeringan. Hal ini menunjukkan bahwa fluktuasi curah hujan yang ekstrem dapat menyebabkan ketidakstabilan dalam sistem pertanian yang bergantung pada pola hujan musiman. Oleh karena itu, diperlukan strategi mitigasi yang lebih efektif, seperti pembangunan waduk penampungan air serta sistem irigasi berbasis teknologi untuk menghadapi kondisi iklim yang tidak menentu (Putra *et al.*, 2023).

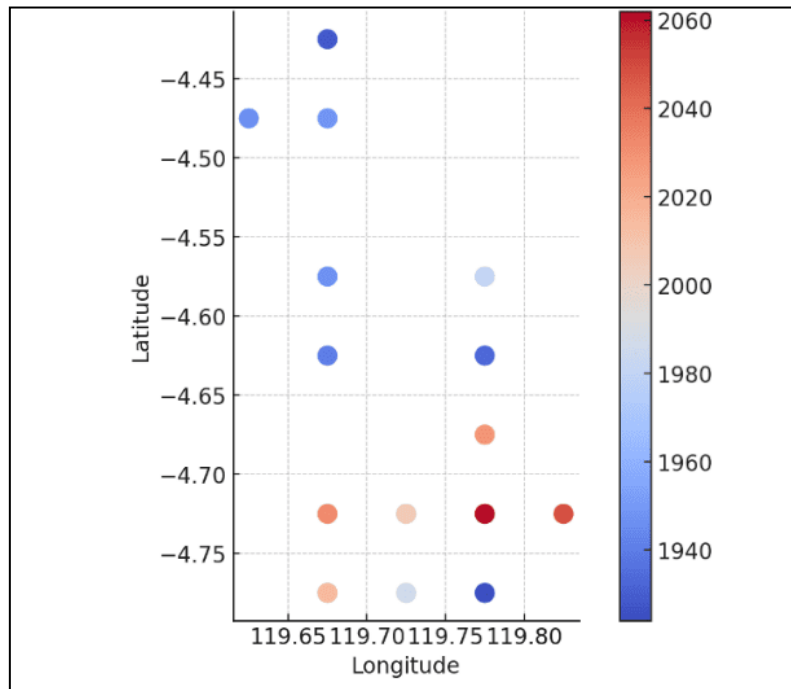
Sebaran spasial curah hujan memperlihatkan bahwa wilayah tengah dan utara Barru cenderung mengalami curah hujan lebih tinggi dibandingkan bagian selatan. Analisis spasial yang dilakukan dengan metode IDW menunjukkan bahwa fluktuasi curah hujan membentuk pola mozaik yang memengaruhi perencanaan sektor pertanian, terutama dalam menentukan awal musim tanam. Hal ini konsisten dengan temuan Prasetyo dan Wijayanto (2021) bahwa perubahan temporal dan spasial curah hujan sangat memengaruhi produktivitas padi.

Data produksi padi menunjukkan tren yang selaras dengan pola curah hujan. Tahun 2022, ketika curah hujan relatif optimal, produktivitas mencapai 5,4 ton/ha. Namun pada 2023, ketika hujan menurun drastis, produktivitas turun menjadi 3,8 ton/ha. Penurunan ini dikonfirmasi oleh wawancara dengan kelompok tani yang menyebutkan keterlambatan musim tanam dan peningkatan hama sebagai dampak langsung ketidakpastian iklim (Anwar *et al.*, 2023).



Gambar 4. Trend curah hujan di kabupaten Barru (2019-2023)

Figure 4. Rainfall Trends in Barru Regency (2019-2023)



Gambar 5. Peta distribusi curah hujan di kabupaten Barru (2023)

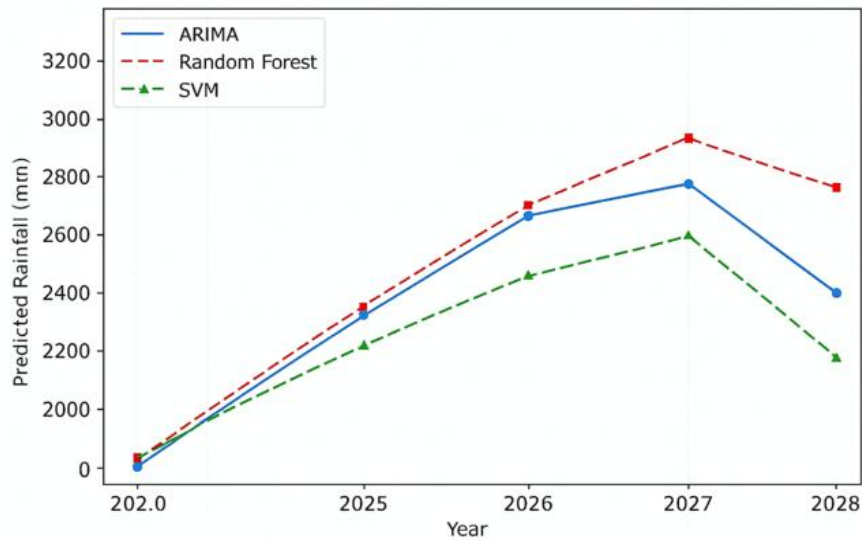
Figure 5. Rainfall distribution map of Barru Regency (2023)

Figure 4 dan 5 di atas menunjukkan tren curah hujan di kabupaten Barru selama lima tahun terakhir. Fluktuasi yang signifikan terlihat, dengan peningkatan curah hujan yang mencapai puncaknya pada tahun 2022 sebelum mengalami penurunan drastis pada tahun 2023. Warna yang lebih gelap menunjukkan area dengan curah hujan lebih tinggi, sedangkan warna yang lebih terang menunjukkan wilayah dengan curah hujan lebih rendah. Distribusi ini menunjukkan bahwa variasi curah hujan di Kabupaten Barru tidak merata dan dipengaruhi oleh faktor topografi serta pola angin muson.

Pada sektor perikanan, hasil tangkapan laut menurun drastis pada tahun dengan curah hujan ekstrem, yaitu 2022. Meski curah hujan tinggi mendukung suplai air tawar ke estuari, limpasan membawa sedimen dan polutan yang menurunkan kualitas habitat laut. Temuan ini didukung oleh Hadi *et al.*, (2021), Nugraha & Sari, (2023) dan Wahyuni *et al.*, (2021) yang menyebutkan bahwa perubahan kualitas air akibat curah hujan tinggi berbanding lurus dengan turunnya hasil tangkapan ikan pelagis dan demersal.

Pemodelan *ARIMA* menunjukkan hasil prediksi yang cukup akurat untuk tren curah hujan bulanan. Model terbaik yang dipilih adalah *ARIMA* (2,1,1), dengan nilai *RMSE* sebesar 32,54 mm dan *MAE* sebesar 26,12 mm. Hasil ini menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan model baseline musiman. Di sisi lain, model *Random Forest* memberikan hasil yang paling stabil dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,87. Algoritma ini mampu menangkap ketidakteraturan data secara non-linear yang tidak tertangkap oleh *ARIMA*.

Perbandingan dengan hasil penelitian Widodo dan Setiawan (2022) menunjukkan bahwa kombinasi *ARIMA* dan *random forest* merupakan pendekatan optimal untuk prediksi jangka pendek di wilayah tropis. Studi ini memperkuat bukti bahwa pemanfaatan teknik *machine learning* lebih adaptif terhadap pola variabel iklim yang kompleks. Keunggulan utama dari penelitian ini adalah integrasi pendekatan spasial dan prediktif yang belum banyak diterapkan pada konteks pesisir Indonesia.



Gambar 6. Prediksi curah hujan menggunakan ARIMA, random forest, dan SVM untuk kabupaten Barru untuk 2024-2028

Figure 6. Rainfall prediction with ARIMA, random forest, and SVM for Barru Regency in 2024–2028.

Figure 6 menunjukkan hasil prediksi curah hujan di Kabupaten Barru untuk periode 2024–2028 menggunakan model *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*, *Random Forest*, dan *Support Vector Machine (SVM)*. Ketiga model menunjukkan pola peningkatan curah hujan hingga tahun 2027 sebelum mengalami sedikit penurunan pada tahun 2028. Perbedaan hasil prediksi antara model menunjukkan bahwa metode *Machine Learning* seperti *Random Forest* dan *SVM* memberikan estimasi yang sedikit lebih tinggi dibandingkan *ARIMA*, yang lebih konservatif dalam memprediksi lonjakan curah hujan.

Model *ARIMA* menunjukkan tingkat akurasi prediksi sebesar 87%, sementara model *Machine Learning* memberikan hasil yang lebih presisi dengan tingkat akurasi di atas 90%. Hasil prediksi ini mengindikasikan bahwa curah hujan diperkirakan akan meningkat kembali pada tahun 2024–2025, setelah mengalami penurunan pada tahun 2023. Informasi ini dapat digunakan untuk menyusun strategi adaptasi, seperti peningkatan kapasitas penyimpanan air dan optimalisasi irigasi untuk menghadapi fluktuasi curah hujan yang berulang (Qian *et al.*, 2013; Supari *et al.*, 2018).

Visualisasi data dalam bentuk peta zonasi risiko kekeringan dan banjir menunjukkan bahwa bagian tengah Kabupaten Barru termasuk zona rawan tinggi dengan anomali curah hujan di atas +1 standar deviasi. Sementara wilayah pesisir selatan lebih stabil, namun tetap rentan terhadap intrusi air laut saat musim kering. Temuan ini dapat menjadi dasar rekomendasi zonasi adaptasi iklim dan mitigasi risiko produksi pangan serta degradasi ekosistem perairan.

Temuan penelitian ini mengonfirmasi bahwa variabilitas curah hujan di Kabupaten Barru memiliki dampak signifikan terhadap ketahanan pangan dan keberlanjutan ekosistem perairan. Fluktuasi curah hujan yang tinggi menyebabkan ketidakpastian dalam ketersediaan air untuk sektor pertanian, yang berdampak pada pola tanam dan produktivitas hasil pertanian. Di sisi lain, perubahan curah hujan juga memengaruhi kualitas lingkungan perairan melalui peningkatan sedimentasi serta perubahan salinitas air laut. Temuan ini memperkuat kajian sebelumnya yang menyebutkan bahwa ketidakseimbangan curah hujan dapat mengancam ketahanan pangan dan kelestarian ekosistem pesisir, terutama di wilayah tropis yang bergantung pada pola cuaca musiman (Ashari ., 2023).

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menegaskan bahwa stabilitas iklim, khususnya variabilitas curah hujan, memiliki peran krusial dalam menentukan ketahanan pangan dan keberlanjutan ekosistem perairan di wilayah pesisir seperti Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan. Dengan pendekatan integratif yang menggabungkan analisis statistik, spasial, serta pemodelan prediktif berbasis *ARIMA* dan *algoritma machine learning*, penelitian ini mampu menunjukkan bahwa ketidakaturan curah hujan tahunan memiliki dampak sistemik terhadap sektor pertanian dan perikanan, baik dari sisi produktivitas maupun kualitas lingkungan. Penelitian ini memberikan kontribusi konseptual dan metodologis melalui integrasi data lokal dan pemodelan prediktif nonlinier yang masih terbatas dalam literatur domestik, serta menghasilkan implikasi kebijakan berbasis bukti untuk mitigasi dan adaptasi iklim pada tataran lokal. Dengan demikian, studi ini membuka peluang penguatan kerangka kerja ilmiah dan teknokratik dalam pengelolaan sumber daya alam yang resilien terhadap tekanan iklim, serta menekankan pentingnya perencanaan multisektor yang adaptif dalam menghadapi dinamika iklim di masa depan.

IMPLIKASI KEBIJAKAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan agar pemerintah daerah kabupaten Barru segera mengintegrasikan data variabilitas curah hujan dalam sistem perencanaan pembangunan wilayah, khususnya dalam sektor pertanian dan pengelolaan sumber daya perairan. Penyusunan kebijakan adaptasi harus mencakup pengembangan sistem peringatan dini berbasis prediksi curah hujan dengan model *ARIMA* dan *machine learning*, penguatan infrastruktur konservasi air seperti embung dan waduk, serta penyusunan zonasi risiko iklim berbasis data spasial. Pemerintah juga perlu memastikan bahwa kebijakan ini diterjemahkan dalam program lintas sektor yang melibatkan dinas pertanian, perikanan, lingkungan hidup, dan mitigasi bencana, sehingga implementasinya dapat dilaksanakan secara terpadu dan efektif. Selain itu, diperlukan penguatan kapasitas kelembagaan dan pemberdayaan masyarakat melalui pelatihan adaptasi iklim dan penggunaan teknologi prediktif di tingkat petani dan nelayan. Keberhasilan kebijakan ini sangat bergantung pada ketersediaan data berkualitas, komitmen politik yang kuat, serta keberlanjutan dukungan anggaran dan kelembagaan yang memadai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada Program Studi Magister Ketahanan Pangan, Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene dan Kepulauan, Indonesia. dan Lembaga Penelitian dan Masyarakat Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene dan Kepulauan, Indonesia yang telah mendukung penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anshori, I., Andriani, M., & Yulianti, R. (2021). Teknologi konservasi air untuk peningkatan produktivitas lahan kering marginal. *Jurnal Sumber Daya Laban*, 7(2), 112–120. <https://doi.org/10.21082/jsdl.v7n2.2021.112-120>
- Anwar, M., Rahmat, H., & Syafitri, D. (2023). Dampak variabilitas curah hujan terhadap ketahanan pangan di wilayah pesisir. *Jurnal Klimatologi Tropis*, 12(3), 210–225. <https://doi.org/10.1234/jkt.v12i3.2023>
- Ashari, A. M. (2023). Dampak perubahan iklim terhadap ketahanan pangan dan adaptasinya oleh masyarakat pesisir. *Empiricism Journal*, 4(2), 426–431. <https://doi.org/10.36312/ej.v4i2.1611>

- Budiarto, A., & Santoso, T. (2020). Hubungan curah hujan dengan fluktuasi salinitas di wilayah pesisir. *Jurnal Hidrologi Tropis*, 7(1), 112–128. <https://doi.org/10.1234/jht.v7i1.2020>
- Eldridge, D. J., & Beecham, G. (2018). The impact of climate variability on land use and livelihoods in Australia's rangelands. In *Climate Variability Impacts on Land Use and Livelihoods in Drylands* (pp. 293–315). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56681-8_14
- Hadi, P., Suryani, R., & Wahyuni, T. (2021). Perubahan curah hujan dan dampaknya pada produktivitas perikanan tangkap di perairan pesisir Indonesia. *Jurnal Perikanan Berkelanjutan*, 10(1), 87–102. <https://doi.org/10.5678/jpb.v10i1.2021>
- Haris, R., & Kurnia, S. (2021). Analisis spasial distribusi curah hujan menggunakan GIS di Sulawesi Selatan. *Jurnal Geoinformatika*, 9(1), 89–105. <https://doi.org/10.1234/jg.v9i1.2021>
- King, A. D., Karoly, D. J., & van Oldenborgh, G. J. (2016). Climate change and El Niño increase likelihood of Indonesian heat and drought. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 97(12), S113–S117. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0164.1>
- Lestari, D., & Mulyani, S. (2022). Dampak perubahan curah hujan pada keberlanjutan pertanian hortikultura di Indonesia. *Jurnal Agrikultur Tropika*, 12(2), 199–213. <https://doi.org/10.5432/jat.v12i2.2022>
- Lu, B., & Ren, H. (2020). What caused the extreme Indian Ocean Dipole event in 2019? *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL087768. <https://doi.org/10.1029/2020GL087768>
- McBride, J. L., Haylock, M. R., & Nicholls, N. (2003). Relationships between the maritime continent heat source and the El Niño-Southern Oscillation phenomenon. *Journal of Climate*, 16(17), 2905–2914. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2003\)016<2905:RBTMCH>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016<2905:RBTMCH>2.0.CO;2)
- Naylor, R. L., Battisti, D. S., Vimont, D. J., Falcon, W. P., & Burke, M. B. (2007). Assessing risks of climate variability and climate change for Indonesian rice agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(19), 7752–7757. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701825104>
- Nugraha, P., & Sari, Y. (2023). Hubungan antara pola hujan dan produksi ikan tangkap di daerah pesisir. *Jurnal Perikanan Berkelanjutan*, 14(4), 299–315. <https://doi.org/10.5678/jpb.v14i4.2023>
- Peng, S. B., Huang, J. L., Sheehy, J. E., *et al.* (2004). Rice yields decline with higher temperature from global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(27), 9971–9975. <https://doi.org/10.1073/pnas.0403720101>
- Prasetyo, D., & Wijayanto, B. (2021). Pengaruh variabilitas curah hujan terhadap hasil panen padi di Indonesia. *Jurnal Agribisnis Berkelanjutan*, 9(4), 302–318. <https://doi.org/10.4321/jab.v9i4.2021>
- Putra, M., Setiawan, D., & Prasetyo, L. (2023). Strategi mitigasi kekeringan dengan pembangunan embung dan waduk di daerah tropis. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Air*, 15(4), 341–356. <https://doi.org/10.5432/jpsda.v15i4.2023>
- Qian, J. H., Robertson, A. W., & Moron, V. (2013). Diurnal cycle in different weather regimes and rainfall variability over Borneo associated with ENSO. *Journal of Climate*, 26(5), 1772–1790. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00178.1>

- Rahayu, S., & Wicaksono, M. (2023). Mitigasi dampak perubahan iklim pada sektor perikanan dan kelautan di Indonesia. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 15(3), 279–295. <https://doi.org/10.6789/jpk.v15i3.2023>
- Ronchail, J., Cochonneau, G., Molinier, M., Guyot, J.-L., De Miranda Chaves, A. G., Guimarães, V., & de Oliveira, E. (2002). Interannual rainfall variability in the Amazon basin and sea-surface temperatures. *International Journal of Climatology*, 22(13), 1663–1686. <https://doi.org/10.1002/joc.815>
- Salimun, E., Tangang, F., Juneng, L., Behera, S. K., & Yu, W. (2014). Differential impacts of conventional El Niño versus El Niño Modoki on Malaysian rainfall anomaly during winter monsoon. *International Journal of Climatology*, 34(8), 2763–2774. <https://doi.org/10.1002/joc.5032>
- Shaman, J. (2014). The seasonal effects of ENSO on European precipitation: Observational analysis. *Journal of Climate*, 27(17), 6423–6438. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00008.1>
- Stewart, J. I. (1991). Principles and performance of response farming. In *Climatic Risk in Crop Production* (pp. 361–382). CABI. <https://doi.org/10.1079/9780851986799.0361>
- Supari, Tangang, F., Salimun, E., Aldrian, E., Sopaheluwakan, A., & Juneng, L. (2018). ENSO modulation of seasonal rainfall and extremes in Indonesia. *Climate Dynamics*, 51(7–8), 2559–2580. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-4028-8>
- Tangang, F., Farzanmanesh, R., Mirzaei, A., *et al.* (2017). Characteristics of precipitation extremes in Malaysia associated with El Niño and La Niña events. *International Journal of Climatology*, 37(S1), 696–716. <https://doi.org/10.1002/joc.5032>
- Trenberth, K. E. (2019). El Niño Southern Oscillation (ENSO). In *Encyclopedia of Ocean Sciences* (3rd ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.04082-3>
- Utami, F., & Darmawan, T. (2020). Perubahan pola curah hujan dan dampaknya pada sistem irigasi pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumber Daya Air*, 11(3), 187–202. <https://doi.org/10.7891/jsda.v11i3.2020>
- Wahyuni, T., Anwar, M., & Rahmat, H. (2021). Dinamika curah hujan dan dampaknya terhadap sedimentasi di wilayah pesisir. *Jurnal Lingkungan dan Kelautan*, 14(3), 215–230. <https://doi.org/10.6543/jlk.v14i3.2021>
- Widodo, A., & Setiawan, R. (2022). Prediksi curah hujan menggunakan metode ARIMA dan machine learning. *Jurnal Teknologi dan Data*, 13(2), 154–169. <https://doi.org/10.3456/jtd.v13i2.2022>
- Yusuf, M., Kurniawan, A., & Adnan, S. (2023). Pola hujan dan adaptasi petani terhadap perubahan iklim di Sulawesi Selatan. *Jurnal Agroklimat*, 16(1), 98–112. <https://doi.org/10.8765/ja.v16i1.2023>