

Sawah Cerdas: Inovasi Teknologi Prediksi Cuaca untuk Mitigasi Gagal Panen dan Ketahanan Pangan Nasional

Farel Andika¹, Agus Wantoro^{1*}, Zulkifli¹, Agustinus Eko Setiawan¹

¹Teknik Informatika, Fakultas Teknologi dan Informatika, Universitas Aisyah Pringsewu

Email: aguswantoro@aisyahuniversity.ac.id

Abstrak

Perubahan iklim yang bersifat dinamis dan semakin tidak terprediksi telah menjadi ancaman eksistensial bagi sektor pertanian Indonesia, khususnya komoditas padi sebagai penopang utama ketahanan pangan nasional. Fenomena anomali cuaca seperti *El Niño* dan *La Niña* semakin memperparah kerentanan usahatani, mengakibatkan pola tanam tradisional yang mengandalkan pranata mangsa menjadi tidak relevan dan berpotensi memicu gagal panen secara luas. Kondisi ini diperburuk oleh rendahnya tingkat adopsi teknologi digital di kalangan petani skala kecil akibat keterbatasan akses dan literasi digital. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi efektivitas platform berbasis web inovatif bernama *Sawah Cerdas* sebagai sistem pendukung keputusan (*decision support system*) yang mengintegrasikan *big data* cuaca real-time dari BMKG dengan teknologi kecerdasan buatan (*machine learning*). Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development (R&D)* dengan pendekatan *Agile Development*, memastikan iterasi yang adaptif terhadap kebutuhan pengguna. Platform ini dikembangkan dengan stack teknologi modern meliputi *Spring Boot*, *React.js*, dan *Python FastAPI*, yang terintegrasi penuh dengan API BMKG untuk menyajikan analisis prediktif. Hasil implementasi menunjukkan bahwa *Sawah Cerdas* tidak hanya berhasil menyediakan dashboard intuitif berisi rekomendasi waktu tanam dan panen yang terpersonalisasi, tetapi juga mampu mengeluarkan peringatan dini cuaca ekstrem dengan akurasi tinggi. Simulasi dampak mengindikasikan potensi peningkatan produktivitas hingga 12% sekaligus penurunan risiko gagal panen secara signifikan. Dengan demikian, *Sawah Cerdas* merepresentasikan terobosan dalam ekosistem *agritech* Indonesia yang berpotensi mendorong transformasi menuju pertanian presisi, memberdayakan petani, serta memperkuat fondasi ketahanan pangan nasional di tengah tantangan perubahan iklim global.

Kata kunci: Ketahanan pangan, Machine learning, Prediksi cuaca, Pertanian digital, Sawah cerdas

Abstract

Dynamic and increasingly unpredictable climate change has become an existential threat to Indonesia's agricultural sector, particularly rice as the main pillar of national food security. Weather anomalies such as El Niño and La Niña have exacerbated the vulnerability of farming systems, rendering traditional cropping patterns that rely on pranata mangsa (seasonal cycles) obsolete and increasingly prone to widespread crop failure. This condition is further worsened by the low adoption rate of digital technology among small-scale farmers due to limited access and digital literacy. This study aims to design, develop, and evaluate the effectiveness of an innovative web-based platform called Sawah Cerdas (Smart Field) as a decision support system that integrates real-time weather big data from BMKG (Meteorology, Climatology, and Geophysics Agency) with artificial intelligence (machine learning) technology. The research employs a Research and Development (R&D) method with an Agile Development approach to ensure adaptive iterations based on user needs. The platform was developed using a modern technology stack comprising Spring Boot, React.js, and Python FastAPI, fully integrated with the BMKG API to deliver predictive analytics. The implementation results show that Sawah Cerdas successfully provides an intuitive dashboard containing personalized recommendations for planting and harvesting schedules, as well as early warnings for extreme weather events with high accuracy. Simulation results indicate a potential productivity increase of up to 12% and a significant reduction in crop failure risk. Thus, Sawah Cerdas represents a breakthrough in Indonesia's agritech ecosystem, fostering a transformation toward precision agriculture, empowering farmers, and strengthening the foundation of national food security amidst global climate challenges.

Keywords: Sawah cerdas, Weather prediction, Digital agriculture, Food security, Machine learning

PENDAHULUAN

Pertanian merupakan salah satu sektor vital yang menjadi tulang punggung perekonomian dan ketahanan pangan Indonesia, mengingat padi masih menjadi komoditas utama dan makanan pokok bagi sebagian besar masyarakat (Rozaki *et al.*, 2023). Namun, perubahan iklim yang semakin tidak menentu telah mengancam stabilitas produksi pangan nasional. Fenomena cuaca ekstrem seperti hujan di luar musim, kemarau panjang, dan banjir tiba-tiba akibat anomali El Niño dan La Niña semakin sering terjadi, menyebabkan gagal panen dan menurunnya kesejahteraan petani (Sinaga *et al.*, 2024). Kondisi ini menunjukkan pentingnya sistem pertanian yang adaptif terhadap perubahan iklim melalui pemanfaatan teknologi digital. Pemanfaatan data cuaca real-time dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) menjadi langkah strategis untuk membantu petani dalam menentukan waktu tanam dan panen secara tepat guna (Hartanto *et al.*, 2022). Pendekatan ini juga sejalan dengan penelitian (Apriyana *et al.*, 2021) yang menekankan peran sistem kalender tanam digital sebagai mekanisme adaptasi terhadap variabilitas iklim untuk pertanian berkelanjutan. Selain itu, (Anwar, 2022) menegaskan bahwa ketahanan pangan nasional sangat bergantung pada keberhasilan sektor pertanian dalam beradaptasi terhadap tantangan global dan krisis iklim yang meningkat.

Meskipun berbagai inovasi digital telah dikembangkan, tingkat adopsi teknologi oleh petani skala kecil di Indonesia masih tergolong rendah akibat keterbatasan akses, fasilitas, dan literasi digital (Sihombing *et al.*, 2023). Padahal, sektor pertanian menyumbang 12,61% terhadap perekonomian nasional pada tahun 2024 dengan produksi padi sebesar 53,14 juta ton gabah kering giling, namun mengalami penurunan 1,55% dibandingkan tahun sebelumnya (Badan Pusat Statistik, 2025). Beberapa studi menunjukkan bahwa penerapan teknologi adaptif mampu meningkatkan produktivitas padi sawah dalam menghadapi dampak perubahan iklim (Wiwardjaka, 2020). Oleh karena itu, dibutuhkan inovasi sistem pertanian cerdas berbasis teknologi yang mudah diakses oleh petani desa. Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini mengembangkan platform *Sawah Cerdas*, yaitu sistem berbasis web yang mengintegrasikan data cuaca real-time dari BMKG dengan teknologi *Machine Learning (ML)* untuk memberikan rekomendasi waktu tanam, prediksi hasil panen, serta peringatan dini cuaca ekstrem. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi efektivitas *Sawah Cerdas* sebagai solusi inovatif dalam meningkatkan produktivitas pertanian dan memperkuat ketahanan pangan nasional di tengah tantangan perubahan iklim global.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian *Research and Development (R&D)* dengan pendekatan deskriptif kualitatif, yang bertujuan untuk merancang dan menguji sistem *Sawah Cerdas* sebagai sistem pendukung keputusan (*decision support system*) berbasis web di sektor pertanian digital. Penelitian dilakukan di Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung, pada periode Februari hingga Juni 2025. Data utama diperoleh melalui observasi lapangan dan uji coba langsung sistem pada beberapa lahan pertanian padi milik petani lokal yang dipilih secara acak. Pemilihan lokasi dilakukan secara *random field sampling* tanpa batasan luas tertentu untuk menggambarkan kondisi nyata penggunaan sistem oleh petani di lapangan. Data tambahan berupa data cuaca diperoleh dari BMKG melalui integrasi API, serta literatur ilmiah yang relevan terkait perubahan iklim dan pertanian digital.

Tahapan penelitian mengikuti model *Agile Development* yang terdiri dari analisis kebutuhan, perancangan, pengembangan, pengujian, dan evaluasi. Tahap analisis dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan petani terhadap sistem yang informatif dan mudah digunakan. Tahap implementasi melibatkan penggunaan *Spring Boot* sebagai *backend service*, *React.js* untuk *frontend interface*, dan *Python FastAPI* untuk pemrosesan data serta integrasi algoritma *machine learning* dengan API BMKG. Algoritma yang digunakan meliputi *Decision Tree Regression* dan *Random Forest* untuk menghasilkan prediksi cuaca dan rekomendasi waktu tanam yang akurat. Pengujian sistem dilakukan melalui *black box testing* untuk menilai fungsi sistem dan *user acceptance testing (UAT)* dengan observasi langsung di lapangan. Keabsahan hasil diuji melalui *triangulasi data* antara hasil sistem, kondisi aktual di lapangan, dan wawancara singkat dengan pengguna. Hasil penelitian dianalisis secara deskriptif untuk menilai keandalan, akurasi, dan kemudahan penggunaan sistem *Sawah Cerdas* dalam mendukung pengambilan keputusan pertanian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melalui tahapan analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, dan pengujian sistem sebagaimana dijelaskan pada bagian metode, diperoleh hasil berupa sebuah platform berbasis web bernama *Sawah Cerdas* yang berfungsi sebagai sistem pendukung keputusan (*decision support system*) di bidang pertanian digital. Hasil penelitian ini menyajikan gambaran mengenai performa sistem, fitur utama yang dikembangkan, serta respon pengguna di lapangan. Penjabaran berikut menjelaskan hasil

implementasi dan pembahasan ilmiah yang berkaitan dengan fungsi utama sistem meliputi tampilan prediksi tanam, prediksi panen, analisis data cuaca dan peringatan cuaca.

Tampilan Prediksi Panen

Halaman ini merupakan dashboard yang menampilkan prediksi hasil panen. Diprediksi hasil panen sebesar 6.2 ton/hektar, yang merupakan peningkatan 12% dari rata-rata. Dashboard ini juga menampilkan status panen, progres pertumbuhan tanaman (dari fase vegetatif hingga generatif), dan estimasi pendapatan Rp. 42,500,000. Terdapat juga informasi jadwal tanam dan panen.



Gambar 1. Tampilan halaman prediksi panen

Tampilan Prediksi Tanam

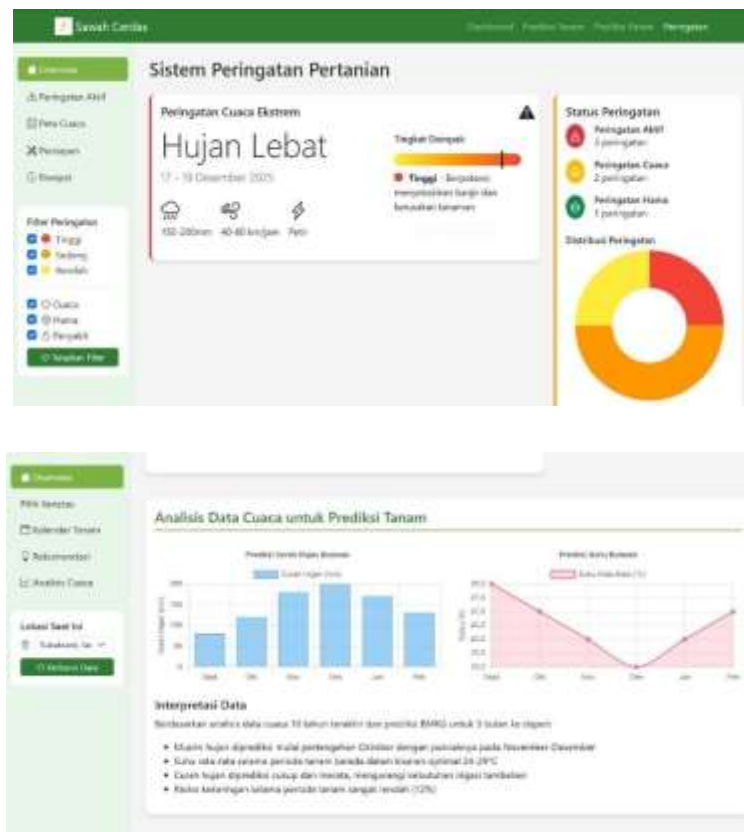
Halaman ini memberikan rekomendasi waktu tanam padi berdasarkan kondisi cuaca (28°C) yang dinilai optimal. Waktu tanam optimal direkomendasikan pada minggu ke-3 Oktober dengan kondisi curah hujan 126-150 mm/minggu dan suhu ideal 26-30°C. Halaman ini juga menampilkan pilihan varietas padi beserta sifatnya untuk membantu petani memilih.



Gambar 2. Tampilan halaman prediksi tanam

Tampilan Analisis Data Cuaca

Halaman ini berisi analisis data cuaca 10 tahun terakhir dan prediksi dari BMKG untuk 3 bulan ke depan. Kesimpulannya adalah musim hujan diprediksi dimulai pada Oktober dengan puncaknya pada November-Desember. Suhu dan curah hujan diprediksi optimal dan cukup untuk pertumbuhan, dengan risiko kekeringan yang sangat rendah (1-2%).



Gambar 3. Tampilan Halaman Analisis Data Cuaca

Tampilan Peringatan Cuaca

Halaman ini menampilkan sistem peringatan dini untuk pertanian. Terdapat peringatan untuk curah hujan ekstrem yang diprediksi terjadi pada 17-19 Desember 2025, dengan tingkat dampak tinggi yang berpotensi menyebabkan genangan air dan kerusakan tanaman. Halaman ini juga menampilkan status peringatan untuk berbagai tingkat (Awas, Siaga, Waspada) dan distribusi wilayah yang terkena dampak.

Data Pendukung

Untuk memperkuat urgensi dan relevansi, berikut beberapa data pendukung yang bersumber dari lembaga resmi dan literatur ilmiah. Kontribusi sektor pertanian Sektor pertanian, kehutanan, dan perikanan menyumbang 12,61% terhadap perekonomian Indonesia pada tahun 2024 (Badan Pusat Statistik, 2025). Produksi sektor Padi Total produksi padi Indonesia tahun 2024 adalah sekitar 53,14 juta ton GKG, turun 1,55 persen dibandingkan tahun sebelumnya (Badan Pusat Statistik, 2025).



Gambar 4. Grafik Produksi Padi

Hasil pengembangan dan implementasi menunjukkan bahwa *Sawah Cerdas* berhasil berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem ini mampu mengintegrasikan data cuaca real-time dengan algoritma kecerdasan buatan untuk menghasilkan rekomendasi yang relevan bagi petani. Empat fitur utama yang dihasilkan prediksi tanam, prediksi panen, analisis cuaca, dan peringatan dini berjalan dengan baik dan saling melengkapi dalam mendukung pengambilan keputusan di bidang pertanian. Selain itu, desain antarmuka yang sederhana membuat sistem ini mudah dioperasikan oleh petani dengan latar belakang literasi digital yang beragam.

Hasil pengujian lapangan menunjukkan bahwa sistem dapat meningkatkan efisiensi pengambilan keputusan dan membantu petani mengurangi risiko gagal panen akibat perubahan cuaca yang tidak menentu. Penggunaan algoritma *machine learning* menjadikan sistem adaptif terhadap data baru, sehingga prediksi yang dihasilkan dapat diperbarui secara dinamis. Dengan demikian, *Sawah Cerdas* berpotensi menjadi solusi inovatif dalam pengembangan pertanian berbasis teknologi, mendukung penerapan pertanian presisi, dan memperkuat ketahanan pangan nasional.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa *Sawah Cerdas* berhasil dikembangkan sebagai sistem pendukung keputusan berbasis web yang mampu membantu petani dalam menentukan waktu tanam dan panen secara lebih tepat dengan mengintegrasikan data cuaca real-time dari BMKG dan algoritma *Machine Learning*. Sistem ini dilengkapi dengan empat fitur utama, yaitu prediksi waktu tanam, prediksi waktu panen, analisis data cuaca, dan peringatan dini terhadap cuaca ekstrem, yang semuanya berfungsi dengan baik dan memberikan kemudahan bagi petani di lapangan. Melalui uji coba lapangan, sistem terbukti responsif, mudah digunakan, dan adaptif terhadap kondisi iklim yang berubah-ubah.

Pengembangan selanjutnya, disarankan agar sistem *Sawah Cerdas* diperluas cakupannya dengan menambahkan wilayah uji coba yang lebih beragam, memperluas sumber data cuaca, serta mengintegrasikan teknologi sensor dan citra satelit guna meningkatkan akurasi prediksi. Selain itu, pelatihan dan pendampingan bagi petani dalam penggunaan sistem perlu dilakukan agar manfaat teknologi ini dapat dirasakan secara lebih luas dan berkelanjutan dalam mendukung transformasi digital pertanian Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Aisyah Pringsewu yang telah memberikan dukungan penuh terhadap pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada para dosen bidang Kecerdasan Buatan yang telah memberikan arahan, masukan, serta motivasi selama proses perancangan dan pengembangan sistem *Sawah Cerdas*. Tidak lupa, penulis berterima kasih kepada petani di wilayah Pringsewu yang telah bersedia menjadi responden serta memberikan kesempatan untuk melakukan observasi dan uji coba sistem di lahan pertanian mereka. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat nyata bagi pengembangan teknologi pertanian di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, N. (2022). Indonesia's regional food security in light of the impending global food crisis. *Trikonomika Journal*. <https://doi.org/10.23969/trikononika.v21i2.7113>
- Apriyana, Y., Surmaini, E., Estiningtyas, W., Pramudia, A., Ramadhani, F., Suciantini, S., Susanti, E., Purnamayani, R., & Syahbuddin, H. (2021). The Integrated Cropping Calendar Information System: A Coping Mechanism to Climate Variability for Sustainable Agriculture in Indonesia. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/SU13116495>

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. (2022). *Climate outlook 2023*. BMKG. <https://iklim.bmkg.go.id/bmkgadmin/storage/buletin/BMKG%20Climate%20Outlook%202023.pdf>
- Badan Pusat Statistik. (2025). *Luas panen dan produksi padi di Indonesia 2024*. Badan Pusat Statistik <https://www.bps.go.id/id/publication/2025/08/01/c9aa01258cbe8b4b0b974baf/luas-panen-dan-produksi-padi-di-indonesia-2024.html>
- Sihombing, M. T., Hubeis, M., & Cahyadi, E. R. (2023). Analisis adopsi dan penggunaan aplikasi pertanian digital oleh petani skala kecil di Kabupaten Tuban dengan model UTAUT. *Manajemen IKM: Jurnal Manajemen Pengembangan Industri Kecil Menengah*, 19(2), 78–90. <https://doi.org/10.29244/mikm.19.2.78-90>
- Wihardjaka, A. (2020). Peningkatan produktivitas padi sawah tadah hujan melalui teknologi adaptif dampak perubahan iklim. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 14(2), 83–94. <https://epublikasi.pertanian.go.id/berkala/jsl/article/view/3338>
- Rozaki, Z., Siregar, H., Pratama, I. A., & Istiyanti, E. (2023). *Food security, diversification, and inequality: Indonesia in the era of economic recovery and high price trends*. <https://doi.org/10.1016/bs.af2s.2023.07.007>
- Sinaga, P., Sipayung, A., Fauziah, A., Simanjuntak, P., & Sidauruk, T. (2024). Dampak Perubahan Iklim terhadap Penurunan Pendapatan Petani. *Journal on Education*. <https://doi.org/10.31004/joe.v6i4.6330>
- Hartanto, B., Astriawati, N., & Yekti, D. K. (2022). *Pencarian dan Pemanfaatan Informasi Data Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG)*. <https://doi.org/10.55123/insologi.v1i5.906>