

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pertanian merupakan salah satu sektor strategis yang memiliki peran penting dalam menjaga ketahanan pangan nasional sebagai bahan pangan utama masyarakat Indonesia [1]. Produksi padi yang stabil menjadi faktor krusial dalam mendukung pasokan pangan dan kestabilan ekonomi [2]. Namun, produksi padi sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, terutama kondisi iklim seperti lama penyinaran matahari, curah hujan, suhu udara, kelembaban, dan fenomena iklim global seperti El Niño dan La Niña yang dapat menyebabkan anomali cuaca [3][4][5]. Perubahan pola iklim yang tidak menentu berpotensi memengaruhi pertumbuhan tanaman padi dan berdampak langsung terhadap hasil produksi [3][6].

Produksi padi cenderung mengalami fluktuasi akibat ketidakpastian kondisi iklim yang terjadi setiap tahunnya [7]. Perubahan curah hujan yang ekstrem, peningkatan suhu, maupun gangguan iklim lainnya dapat menyebabkan penurunan hasil panen atau bahkan gagal panen di beberapa wilayah [8]. Berdasarkan data dari Dinas Pertanian dan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) mengenai produksi padi dan variabel iklim selama periode 2020-2024 di Kabupaten Cilacap, terlihat adanya variasi hasil panen yang menunjukkan kecenderungan tidak stabil dari waktu ke waktu. Fluktuasi tersebut menunjukkan adanya hubungan yang erat antara perubahan kondisi iklim dengan tingkat produksi padi, sehingga sulit untuk memprediksi hasil panen secara konvensional. Kondisi ini menimbulkan tantangan dalam perencanaan produksi, distribusi pangan, serta pengambilan kebijakan oleh instansi terkait seperti Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) serta Dinas Pertanian. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan yang mampu memodelkan hubungan antara variabel iklim dan produksi padi secara lebih akurat untuk mendukung proses prediksi.

Untuk menangani permasalahan tersebut, diperlukan metode analisis yang mampu mengidentifikasi pola serta hubungan non-linear antara variabel iklim dan produksi padi. Seiring dengan perkembangan teknologi, *machine learning* menjadi salah satu pendekatan yang digunakan dalam proses pemodelan dan prediksi [9][10][11]. Pendekatan ini memiliki kemampuan dalam menangani data kompleks dan dapat memodelkan hubungan *non-linear* yang sulit dijelaskan melalui metode statistik konvensional [12]. Menurut Indri Hapsari dan Shifa Pandya Wisesa, algoritma *machine learning* berperan penting dalam analisis prediktif dengan memanfaatkan data historis dan pola data saat ini untuk memprediksi kejadian di masa depan [13]. Dengan memanfaatkan data historis variabel iklim dan produksi padi, model prediksi dapat dikembangkan untuk menghasilkan estimasi produksi berdasarkan pola yang dipelajari dari data [14].

Extreme Gradient Boosting (XGBoost) memiliki kemampuan dalam menghasilkan performa prediksi yang tinggi serta stabil pada data numerik yang tersusun dalam bentuk tabel, seperti data iklim dan produksi pertanian, yang umumnya memiliki karakteristik dan hubungan antarvariabel yang kompleks [15][16]. XGBoost merupakan algoritma berbasis *ensemble learning* yang mengembangkan metode *gradient boosting* dengan menerapkan teknik optimasi dan regularisasi untuk meningkatkan performa model serta mengurangi risiko *overfitting* [17][18]. Algoritma ini membangun sejumlah *pohon* secara bertahap, yang setiap pohonnya memperbaiki kesalahan model sebelumnya sehingga mampu menangkap pola hubungan yang sulit dideteksi secara linear [11][19][20]. Karakteristik tersebut menjadikan XGBoost sesuai digunakan pada penelitian yang berbentuk data tabular numerik dan memiliki hubungan *non-linear* antarvariabel.

Sementara itu, *Artificial Neural Network* (ANN) merupakan algoritma yang memiliki kemampuan untuk memodelkan hubungan *non-linear* pada data yang sangat kompleks melalui struktur jaringan yang terdiri dari beberapa lapisan *neuron* [21][22]. Pendekatan ini efektif dalam mengenali pola tersembunyi (*hidden layer*) dan mampu menghasilkan prediksi berdasarkan pola yang dipelajari dari data historis [23][24][25]. Dengan karakteristik tersebut, ANN dinilai relevan untuk mempelajari hubungan antara variabel iklim dan produksi padi yang cenderung fluktuatif [26]. Kemampuan ANN dalam mempelajari pola *non-linear* menjadikan metode ini sesuai untuk digunakan pada data penelitian yang terdiri atas beberapa variabel iklim sebagai variabel input dan produksi padi sebagai variabel target.

Pemilihan XGBoost dan ANN dalam penelitian ini didasarkan pada kesesuaian karakteristik kedua metode dengan data yang digunakan. XGBoost sesuai untuk mengolah data tabular numerik serta mempelajari hubungan dan interaksi antarvariabel, sedangkan ANN mampu mempelajari pola serta hubungan *non-linear* yang kompleks melalui jaringan neuron. Meskipun memiliki mekanisme pembelajaran yang berbeda, kedua algoritma dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan regresi, yaitu memprediksi nilai produksi padi berdasarkan variabel input yang tersedia. Oleh karena itu, kedua algoritma dibandingkan untuk mengetahui metode yang menghasilkan performa lebih baik pada dataset produksi padi Kabupaten Cilacap periode 2020–2024.

Implementasi model prediksi ke dalam sistem berbasis web dipilih karena beberapa alasan strategis. Sistem berbasis web memudahkan akses dari berbagai perangkat tanpa perlu instalasi *software*, cukup dengan menggunakan browser internet yang tersedia di berbagai perangkat seperti komputer, tablet, maupun *smartphone* [27]. Pembaruan model dan data dapat dilakukan secara terpusat di server sehingga seluruh pengguna otomatis mengakses versi terbaru tanpa perlu update secara manual [28]. Platform web juga merupakan antarmuka yang familiar

dan mudah dipahami oleh pengguna dengan berbagai tingkat literasi teknologi, mulai dari petani, petugas dinas pertanian, serta pihak-pihak terkait lainnya [29].

Karena pentingnya akurasi dan efisiensi dalam proses pengambilan keputusan berbasis data, penelitian ini akan membandingkan dua pendekatan *machine learning*, yaitu *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost) dan *Artificial Neural Network* (ANN), dalam memprediksi produksi padi berdasarkan variabel iklim. Perbandingan dilakukan menggunakan dataset, variabel input, variabel target, pembagian data, dan metrik evaluasi yang sama agar performa kedua model dapat dievaluasi pada kondisi pengujian yang setara. Metode dengan performa terbaik selanjutnya akan diimplementasikan ke dalam sistem prediksi produksi padi berbasis web agar dapat diakses lebih mudah oleh pengguna. Sistem ini dirancang untuk membantu proses estimasi produksi padi berdasarkan data variabel iklim serta mendukung penentuan langkah strategis dan upaya antisipatif dalam menghadapi potensi risiko penurunan hasil panen. Dengan adanya sistem berbasis web, hasil prediksi dapat dimanfaatkan oleh instansi terkait seperti Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dan Dinas Pertanian dalam mendukung perencanaan produksi dan pengendalian risiko pertanian.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan, maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana melakukan perbandingan performa algoritma *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost) dan *Artificial Neural Network* (ANN) dalam memprediksi produksi padi berdasarkan variabel iklim yang digunakan?
2. Bagaimana mengimplementasikan algoritma dengan performa terbaik ke dalam sistem prediksi produksi padi berbasis web?

C. Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil pada penelitian ini yaitu :

1. Data yang digunakan mencakup variabel iklim sebagai variabel input yaitu lama penyinaran matahari, curah hujan, suhu, kelembaban, dan *Oceanic Niño Index* (ONI), serta produksi padi sebagai variabel target. Data yang merupakan data bulanan dari 2020-2024 dan hanya mencakup wilayah Kabupaten Cilacap.
2. Implementasi model dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python.
3. Sistem berbasis web berfokus pada prediksi jumlah produksi padi Kabupaten Cilacap dalam satuan ton, yang dilengkapi dengan kategori produksi dan rekomendasi. Sistem tidak mencakup fitur analisis spasial atau integrasi dengan sistem eksternal lainnya.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian berdasarkan rumusan masalah di atas adalah :

1. Mengetahui dan membandingkan performa algoritma *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost) dan *Artificial Neural Network* (ANN) dalam memprediksi produksi padi berdasarkan variabel iklim.
2. Mengimplementasikan algoritma dengan performa terbaik ke dalam sistem prediksi produksi padi berbasis web.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat teoritis dalam penelitian ini yaitu:

1. Memberikan penjelasan mengenai perbandingan algoritma *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost) dan *Artificial Neural Network* (ANN) dalam memprediksi produksi padi berdasarkan variabel iklim.
2. Menjadi literatur bagi mahasiswa atau peneliti selanjutnya dalam penelitian terkait dengan komparasi metode *machine learning*.
3. Menjelaskan mengenai penerapan model prediksi pada sistem berbasis web.

Manfaat praktis dalam penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui algoritma yang paling optimal dalam memprediksi produksi padi.
2. Menghasilkan sistem prediksi berbasis web yang mendukung proses analisis dan estimasi produksi secara sistematis.
3. Mendukung instansi terkait seperti BMKG serta Dinas Pertanian dalam melakukan perencanaan produksi dan upaya antisipatif terhadap potensi penurunan hasil panen di Kabupaten Cilacap.