

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanaman padi merupakan salah satu tanaman budidaya yang sangat penting bagi masyarakat Indonesia karena merupakan sumber pangan utama dalam konsumsi harian. Sebagai sumber bahan pangan, ketersediaan padi harus dijaga untuk memenuhi permintaan beras yang terus meningkat (Rahayu *et al.*, 2023). Produksi padi yang memadai menjadi faktor penting dalam mencegah defisit beras serta mengurangi risiko kerawanan pangan di berbagai wilayah di Indonesia, termasuk di Kabupaten Buleleng. Berdasarkan data yang dihimpun melalui metode Kerangka Sampel Area (KSA) oleh Badan Pusat Statistik Kabupaten Buleleng (2024), terjadi peningkatan produksi padi sebanyak 8.408 ton Gabah Kering Giling (GKG) dalam kurun waktu tiga tahun, yaitu dari tahun 2021 hingga tahun 2023. Pada tahun 2021, produksi padi tercatat sebanyak 82.975 ton dan terus meningkat hingga mencapai 91.383 ton pada tahun 2023.

Peningkatan produksi padi di Kabupaten Buleleng dipengaruhi oleh bertambahnya luas panen di beberapa wilayah. Menurut data Badan Pusat Statistik Kabupaten Buleleng (2024), luas panen padi pada tahun 2023 mencapai 16.885 hektar, mengalami kenaikan sebanyak 2.773 hektar (19 %) dibandingkan dua tahun sebelumnya. Namun, peningkatan tersebut tidak diimbangi oleh peningkatan produktivitas. Pada periode yang sama, produktivitas padi mengalami penurunan

sekitar 8 %, dari 5,88 ton per hektar pada tahun 2021 menjadi 5,41 ton per hektar pada tahun 2023.

Penurunan produktivitas padi berpotensi menyebabkan ketidakstabilan pasokan beras, terutama jika ekspansi lahan tidak mampu mengimbangi peningkatan kebutuhan yang dipicu oleh pertumbuhan penduduk (Maman *et al.*, 2021). Dalam kondisi ideal, peningkatan produksi seharusnya diiringi oleh kenaikan produktivitas, atau sebaliknya. Namun, fakta menunjukkan bahwa produktivitas padi justru menurun meskipun produksi mengalami peningkatan. Hal ini mengindikasikan adanya faktor lain yang mempengaruhi, seperti teknologi pertanian yang belum optimal, degradasi tanah, atau perubahan iklim (Dayi *et al.*, 2024; Riani, 2023; Sriartha *et al.*, 2023).

Penurunan produktivitas yang terus berlanjut dapat mengancam stabilitas produksi jangka panjang, terutama di tengah laju pertumbuhan penduduk yang terus meningkat. Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Buleleng (2024), laju pertumbuhan penduduk di Kabupaten Buleleng mencapai 4,59% per tahun, yang semakin meningkatkan tekanan terhadap sektor pertanian. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan inovatif berbasis teknologi untuk memantau dan memprediksi produksi serta produktivitas padi. Salah satu strategi yang dapat diterapkan adalah proses otomatisasi dengan memanfaatkan teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) seperti pembelajaran mesin dalam sistem prediksi pertanian.

Dalam beberapa tahun terakhir, metode pembelajaran mesin telah banyak diterapkan dalam sektor pertanian, khususnya untuk prediksi hasil pertanian, analisis kualitas tanah, serta pemantauan pertumbuhan tanaman. Model *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost) menjadi salah satu metode yang banyak digunakan dalam analisis data pertanian karena kemampuannya dalam menangkap pola non-linear, serta memiliki performa yang lebih unggul dibandingkan model pembelajaran mesin lainnya (Swain *et al.*, 2024). Penelitian yang dilakukan oleh Tabassum *et al.*, (2024) menunjukkan bahwa model XGBoost mencapai akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan *Random Forest* ketika digunakan untuk memprediksi variasi temporal kedalaman gerusan di sekitar tanggul pancang (*spur dikes*). Selain itu, Norunnahar *et al.*, (2023) menunjukan bahwa XGBoost mengungguli ARIMA dalam memprediksi produksi beras di Bangladesh dengan MAPE 5,38% dibandingkan ARIMA yang mencapai 7,23%.

Dalam penerapannya, meskipun XGBoost telah terbukti memiliki kinerja yang unggul dalam berbagai penelitian, pemilihan hiperparameter yang optimal tetap menjadi faktor penentu dalam menentukan keakuratan model. Oleh karena itu, penggunaan metode optimasi untuk menemukan kombinasi hiperparameter yang efektif dan efisien menjadi sangat penting (Dewi *et al.*, 2025). Beberapa algoritma optimasi telah banyak diterapkan guna meningkatkan kinerja model prediksi, seperti *Fruit Fly Optimization Algorithm* (Dewi & Nugroho, 2021; Dewi *et al.*, 2022), *Flower Pollination Algorithm* (Pascima & Putrama, 2021), dan *Genetic Algorithm* (Darmawan *et al.*, 2023; Samantaray *et al.*, 2024). Selain itu, (Dewi *et al.*, 2025) menemukan bahwa penggunaan metode optimasi berbasis *Bayesian*

Optimization dengan pendekatan *Gaussian Process* mampu secara signifikan meningkatkan kinerja model LSTM dan GRU. Di antara semua metode optimasi, *Genetic Algorithm* (GA) dikenal memiliki keunggulan dalam eksplorasi berbagai solusi secara global dan fleksibel, sehingga mampu meningkatkan kinerja berbagai model prediksi dengan efektif (Tran & Nguyen, 2024).

Beberapa penelitian telah membuktikan keunggulan *Genetic Algorithm* (GA) dalam peramalan deret waktu. Penelitian oleh Zhang *et al.*, (2021) menunjukkan bahwa optimasi XGBoost menggunakan *Genetic Algorithm* (GA) berhasil menurunkan nilai MAPE dari 2,22% menjadi 1,62% dalam prediksi beban listrik. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Jiang *et al.*, (2023) dalam memprediksi populasi kutu daun kapas, di mana model XGBoost-GA-SVR memperoleh MSE 212.44, lebih rendah dibandingkan XGBoost-SVR yang memperoleh MSE 1992.14. Keunggulan *Genetic Algorithm* (GA) dalam optimasi model juga perlu dibandingkan dengan pendekatan optimasi lainnya untuk memastikan efektivitasnya dalam berbagai skenario. Sebagai contoh, Aydin & Gulsun, (2024) menunjukan bahwa model XGBoost yang dioptimalkan dengan *Genetic Algorithm* berhasil mengungguli model XGBoost dengan *Grey Wolf Optimizer* (GWO) dalam memprediksi angka COVID-19.

Dalam penelitian ini, model *hybrid* dari XGBoost dan GA digunakan sebagai model prediksi. GA digunakan untuk menemukan nilai hiperparameter optimal untuk XGBoost. Selain itu, XGBoost tanpa optimasi akan diterapkan

sebagai metode perbandingan yang digunakan untuk memvalidasi keefektifan model *hybrid* yang diusulkan.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, permasalahan yang dapat diidentifikasi dan menjadi fokus penelitian adalah sebagai berikut.

1. Produksi padi di Kabupaten Buleleng mengalami peningkatan dari 82.975 ton GKG pada tahun 2021 menjadi 91.383 ton GKG pada tahun 2023. Namun, di sisi lain, produktivitas padi justru mengalami penurunan sekitar 3,39%, dari 5,60 ton per hektar menjadi 5,41 ton per hektar pada periode yang sama.
2. Laju pertumbuhan penduduk di Kabupaten Buleleng yang mencapai rata-rata 4,59 % per tahun turut berkontribusi terhadap peningkatan kebutuhan beras.
3. Estimasi produksi padi oleh Badan Pusat Statistik (BPS) atau lembaga terkait saat ini hanya dapat dilakukan pada saat musim panen berlangsung. Akibatnya, informasi mengenai produksi padi seringkali tidak tersedia secara tepat waktu dan *real-time*, sehingga menghambat proses pengambilan keputusan terkait kebijakan pangan dan pertanian.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana implementasi model XGBoost yang dioptimalkan dengan *Genetic Algorithm* dalam memprediksi produksi dan produktivitas padi di Kabupaten Buleleng?
2. Bagaimana performa model XGBoost yang dioptimalkan dengan *Genetic Algorithm* dibandingkan dengan model XGBoost tanpa optimasi?

1.4. Batasan Masalah

Agar fokus penelitian tidak keluar dari ruang lingkup permasalahan, maka peneliti membatasi penelitian dengan beberapa hal sebagai berikut.

1. Penelitian ini hanya berfokus di wilayah Kabupaten Buleleng sebagai studi kasus. Data yang digunakan terbatas pada produksi dan produktivitas padi selama periode 2018 hingga 2024
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data deret waktu produksi padi (ton Gabah Kering Giling(GKG)) dan produktivitas padi (ton per hektar) yang diperoleh dari BPS Kabupaten Buleleng.
3. Penelitian ini mempertimbangkan faktor eksternal, yaitu luas panen, untuk produksi padi namun tidak mempertimbangkan faktor eksternal apa pun untuk produktivitas.
4. Penelitian ini menggunakan model hybrid *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost) yang dioptimalkan dengan *Genetic Algorithm* (GA).
5. Evaluasi performa model hanya dilakukan berdasarkan Metrik evaluasi prediksi, seperti *Mean Absolute Error* (MAE), *Root Mean Squared Error*

(RMSE), *Mean Forecast Error* (MFE), dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

1.5. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada di atas, tujuan dari penelitian yaitu sebagai berikut.

1. Mengimplementasikan model XGBoost yang dioptimalkan dengan *Genetic Algorithm* dalam memprediksi produksi dan produktivitas padi di Kabupaten Buleleng.
2. Menganalisis dan membandingkan performa model XGBoost yang dioptimalkan dengan *Genetic Algorithm* dan model XGBoost tanpa optimasi.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian yang dilakukan melalui pengembangan model peramalan adalah sebagai berikut.

a. Manfaat Praktis

1. Bagi Masyarakat

Penelitian ini dapat menjadi panduan bagi pembuat kebijakan, petani, dan pemangku kepentingan lainnya dalam mengambil keputusan terkait pengelolaan lahan pertanian dan ketahanan pangan yang berkelanjutan di Kabupaten Buleleng. Melalui penelitian ini, diharapkan memberikan pemahaman yang lebih mendalam

mengenai dinamika sektor pertanian, sehingga kedepannya masyarakat dapat berperan aktif dalam menjaga stabilitas pasokan beras untuk mendukung ketahanan pangan.

2. Bagi Penulis

Penelitian ini dapat menjadi acuan atau dasar untuk pengembangan lebih lanjut dalam bidang prediksi produksi dan produktivitas padi, khususnya dengan memanfaatkan model *ensemble learning* seperti XGBoost yang dioptimalkan menggunakan *Genetic Algorithm* (GA).

b. Manfaat Teoritis

Penelitian ini dapat memperkaya literatur terkait penggunaan model *hybrid* yang mengkombinasikan XGBoost dan GA untuk prediksi produksi dan produktivitas padi. Penerapan pendekatan ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru mengenai efektivitas model *hybrid* dalam meningkatkan akurasi prediksi. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar untuk pengambilan keputusan yang lebih akurat dan berbasis data dalam pengelolaan sektor pertanian.