

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komoditas kopi merupakan salah satu komoditas pertanian yang paling banyak diperdagangkan di dunia dan memiliki peran penting dalam perdagangan internasional serta aktivitas investasi (Fiona Dresyamaya, 2025). Indonesia sendiri merupakan salah satu negara penghasil kopi terbesar di dunia, bahkan pernah menempati posisi keempat secara global. Keanekaragaman geografis serta kondisi iklim tropis yang dimiliki Indonesia menjadikan negara ini sangat cocok untuk budidaya kopi berkualitas tinggi, yang juga telah dikenal luas di pasar internasional (Fitria Riska, 2025). Produksi kopi Indonesia pada tahun 2024 mencapai 807.580 ton dan meningkat 6,44% dibandingkan tahun sebelumnya serta menjadi capaian tertinggi dalam satu dekade terakhir yang menunjukkan potensi besar industri kopi di tengah meningkatnya permintaan global (Maheswara Raka, 2025).

Namun demikian, sektor produksi kopi menghadapi tantangan besar akibat perubahan iklim yang telah mengubah geografi produksi secara global, sehingga berdampak langsung pada mata pencaharian petani dan stabilitas pasar kopi internasional (Mamuye et al., 2025). Bahkan di beberapa negara produsen utama seperti Tanzania, perubahan iklim menjadi ancaman serius terhadap keberlanjutan produksi kopi (Kasongi et al., 2024). Salah satu faktor utama yang terdampak perubahan iklim adalah suhu. Perubahan iklim memengaruhi suhu global dan berdampak signifikan pada pertanian, khususnya di wilayah tropis. Tanaman kopi yang sensitif terhadap suhu, berisiko mengalami penurunan produktivitas dan kualitas hasil produksi (Humphries et al., 2024). Selain suhu, curah hujan juga menjadi faktor penting dalam produksi kopi karena curah hujan yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan tanaman dan gangguan pertumbuhan, terutama ketika melebihi ambang batas tertentu (Megerssa et al., 2025). Kondisi hari basah yang berlangsung secara berturut-turut juga dapat memicu munculnya penyakit tanaman seperti karat daun dan penyakit buah kopi (Nutman et al., 1969). Di sisi lain, kekurangan curah hujan juga tidak menguntungkan karena tanaman kopi membutuhkan ketersediaan air yang cukup untuk mendukung proses pembungaan

dan pembentukan buah (Amsalu et al., 2026). Selain itu, kelembaban udara juga berpengaruh terhadap proses fisiologis tanaman kopi, seperti pecahnya dormansi tunas dan sinkronisasi pembungaan (Della Peruta et al., 2025). Kelembaban yang cukup dapat mendukung proses fotosintesis, namun kelembaban yang terlalu tinggi juga berpotensi meningkatkan risiko penyakit, terutama yang disebabkan oleh kontak antar akar tanaman (Ayalew et al., 2025).

Metode prediksi hasil produksi kopi berbasis pembelajaran mesin telah banyak digunakan sebagai alat pendukung keputusan dalam pertanian karena mampu memanfaatkan data historis untuk menghasilkan prediksi yang lebih akurat dibandingkan pendekatan tradisional (Rajitha et al., n.d.). Berbagai algoritma seperti *Random Forest*, *XGBoost*, dan *Support Vector Machine* telah diterapkan untuk memodelkan hubungan kompleks antara variabel iklim dan hasil produksi tanaman (Nurcahyo et al., 2023). Namun, model *machine learning* konvensional seringkali memiliki keterbatasan dalam menangkap pola temporal dan hubungan non-linear jangka panjang yang terdapat pada data deret waktu iklim. Untuk mengatasi hal tersebut, model *deep learning* seperti *Long Short-Term Memory* (LSTM) dikembangkan karena mampu mempelajari dependensi jangka panjang dan pola dinamis dalam data *time-series* secara lebih efektif (Rajitha et al., n.d.). Meskipun demikian, model LSTM dan teknik pembelajaran mendalam lainnya sering dianggap sebagai “*black-box*” karena kurangnya transparansi dalam menjelaskan kontribusi masing-masing variabel terhadap hasil prediksi. Oleh karena itu, pendekatan *Explainable Artificial Intelligence* (XAI) seperti SHAP (*SHapley Additive exPlanations*) digunakan untuk meningkatkan interpretabilitas model dengan mengidentifikasi kontribusi masing-masing fitur terhadap *output* prediksi (Nurcahyo et al., 2023). Dengan demikian, kombinasi LSTM dan SHAP menjadi pendekatan yang relevan untuk tidak hanya meningkatkan akurasi prediksi tetapi juga memberikan pemahaman yang lebih mendalam terhadap faktor-faktor iklim yang memengaruhi produksi kopi di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang yang telah disampaikan sebelumnya, berikut rumusan masalah pada penelitian ini:

1. Bagaimana pengaruh variabilitas iklim terhadap produksi pada komoditas kopi?
2. Bagaimana kinerja metode *Long Short-Term Memory* (LSTM) dan *SHapley Additive exPlanations* (SHAP) dalam memprediksi produksi komoditas kopi berdasarkan variabilitas iklim?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini disusun untuk menjelaskan arah dan hasil yang ingin dicapai dalam penelitian, sehingga pelaksanaannya menjadi lebih terarah. Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh kontribusi variabilitas iklim terhadap produksi pada komoditas kopi.
2. Mengetahui kinerja metode LSTM dan SHAP dalam memprediksi produksi pada komoditas kopi berdasarkan variabilitas iklim.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk beberapa pihak antara lain sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti, penelitian ini bertujuan untuk memperluas pengetahuan dan wawasan peneliti mengenai penerapan metode LSTM dan SHAP dalam memprediksi produksi pada komoditas kopi berdasarkan variabilitas iklim, serta memahami hubungan nonlinier antara variabel iklim dan produksi kopi.
2. Bagi Akademisi, hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan referensi dan pembelajaran, khususnya dalam pengembangan dan penerapan metode *deep learning* untuk analisis dan prediksi dampak variabilitas iklim terhadap produksi pada komoditas kopi.
3. Bagi Petani dan Pelaku Usaha Kopi, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi prediktif mengenai potensi penurunan produksi pada komoditas kopi berdasarkan variabilitas iklim, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan budidaya, pengelolaan lahan, serta pengambilan keputusan strategis terkait produksi kopi.
4. Bagi Pemerintah Daerah dan Pemangku Kebijakan, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pendukung dalam perumusan kebijakan adaptasi pertanian kopi terhadap variabilitas iklim, termasuk dalam

perencanaan program pendampingan petani, pengelolaan risiko iklim, serta penyusunan strategi pembangunan pertanian yang berkelanjutan.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini disusun untuk menentukan fokus kajian serta mencegah terjadinya penyimpangan selama proses penelitian. Adapun batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Fitur input yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada curah hujan, suhu udara, kelembapan, serta histori hasil produksi sebagai representasi utama.
2. Penelitian ini difokuskan pada prediksi produksi pada komoditas kopi yang dipengaruhi oleh variabilitas iklim, tanpa membahas aspek sosial, ekonomi, maupun kebijakan pertanian secara mendalam.
3. Data produksi yang digunakan dalam penelitian ini berupa data produksi kopi pada sektor perkebunan besar yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) dalam periode Januari 2011 hingga Desember 2025 dengan frekuensi data bulanan.
4. Data iklim diperoleh dari website resmi National Aeronautics and Space Administration (NASA) menggunakan lima titik koordinat yang mewakili provinsi sentra produksi kopi di Indonesia. Nilai suhu, curah hujan, dan kelembapan kemudian dihitung menjadi rata-rata bulanan sebagai representasi kondisi iklim pada tingkat nasional agar konsisten dengan data target berupa produksi kopi nasional.
5. Penelitian ini membatasi metode pada penggunaan model *Long Short-Term Memory* (LSTM) untuk memodelkan hubungan temporal antara variabel iklim dan hasil produksi kopi di Indonesia, serta menggunakan SHAP untuk interpretasi model.