

Rancang Bangun Aplikasi Agroteknologi "SmartFarm" dengan Model Prediktif Berbasis *Deep Learning* untuk Mendukung Pertanian Berkelanjutan

Meizapuspa Octakurnia Nurilawati^{1*}, Syahwa Lila Yasmien², Ridho Pamungkas³

¹Sistem Informasi/Teknik
Universitas PGRI Madiun

²Sistem Informasi/Teknik
Universitas PGRI Madiun

³Sistem Informasi/Teknik
Universitas PGRI Madiun

^{1*}meizapuspa_2205102003@mhs.uni
pma.ac.id

²syahwa_2205102012@mhs.unipma.
ac.id

³ridhopamungkas@unipma.ac.id

Abstrak— Perubahan iklim yang menyebabkan adanya ketidakpastian dalam cuaca menjadi sebuah tantangan besar untuk sektor pertanian di Indonesia. Untuk mengatasi permasalahan ini, penelitian ini menciptakan SmartFarm, sebuah aplikasi Android yang mengandalkan model prediktif dan dirancang untuk memberikan informasi prakiraan cuaca setiap hari serta rekomendasi budidaya langsung kepada petani. Aplikasi ini memanfaatkan algoritma *Long Short-Term Memory* (LSTM) guna memprediksi kondisi cuaca dengan menggunakan data iklim historis Indonesia yang diperoleh dari platform Kaggle, serta didukung oleh infrastruktur cloud melalui *Google Cloud Platform* dan tampilan mobile yang mudah digunakan. Metodologi yang diterapkan mencakup langkah-langkah pengumpulan dan pembersihan data, analisis statistik, pra-pemrosesan, pelatihan model prediksi, pengembangan API, dan integrasi ke dalam aplikasi Android. Hasil dari pelatihan model menunjukkan tingkat akurasi yang sangat baik dengan kesalahan yang minimal dan kestabilan antara data pelatihan serta validasi. Sistem backend dapat menangani permintaan dengan waktu respons kurang dari 500 milidetik, sementara aplikasi ini dapat berfungsi secara offline dengan menyimpan data terkini. Berdasarkan penilaian teknis dan uji coba awal, aplikasi SmartFarm berhasil mencapai tujuannya sebagai alat digital yang fungsional, informatif, dan mudah digunakan oleh petani untuk mendukung pengambilan keputusan pertanian yang lebih responsif terhadap cuaca.

Kata kunci: SmartFarm, prediksi cuaca, LSTM, *Machine Learning*, pertanian digital

Abstract— Climate change that causes uncertainty in the weather is a major challenge for the agricultural sector in Indonesia. To address this issue, this research created SmartFarm, an Android application that relies on predictive models and is designed to provide daily weather forecast information and cultivation recommendations directly to farmers. The app utilizes the *Long Short-Term Memory* (LSTM) algorithm to predict weather conditions using historical Indonesian climate data obtained from the Kaggle platform, supported by cloud infrastructure through *Google Cloud Platform* and a user-friendly mobile interface. The applied methodology includes the steps of data collection and cleaning, statistical analysis, pre-processing, prediction model training, API development, and integration into an Android application. The results of the model training show excellent accuracy with minimal error and stability between training and validation data. The backend system can handle requests with a response time of less than 500 milliseconds, while the app can function offline by storing current data. Based on the technical assessment and initial trials, the SmartFarm app successfully achieved its goal of being a functional, informative and easy-to-use digital tool for farmers to support more weather-responsive farming decision-making.

Keywords: SmartFarm, weather prediction, LSTM, *Machine Learning*, digital farming

I. PENDAHULUAN

Perubahan iklim global telah menyebabkan variabilitas cuaca yang signifikan seperti curah hujan ekstrem, fluktuasi suhu harian, dan periode kekeringan panjang yang memberikan tekanan berat terhadap sektor pertanian, populasi petani kecil yang tersebar di 34 provinsi, ketidakpastian tersebut semakin dirasakan saat mereka harus membuat keputusan budidaya yang tepat. Penundaan atau pelaksanaan aktivitas irigasi dan pemupukan yang tidak sesuai waktu sering menimbulkan hasil panen kurang optimal, bahkan kerugian ekonomi. Petani lokal kerap menghadapi tantangan dalam menentukan waktu tanam, irigasi, dan pemupukan

karena informasi cuaca yang tidak memadai atau terlambat, sehingga berdampak pada produktivitas yang merosot dan potensi kerugian ekonomi yang tinggi. Dalam kondisi tersebut, dam lembar kerja *SmartFarm* dikembangkan sebagai aplikasi Android sederhana yang bertujuan memberikan prediksi cuaca harian serta rekomendasi budidaya berbasis data prati lokal, sehingga dapat memudahkan petani di lapangan tanpa membutuhkan perangkat teknologi canggih. Penelitian yang dilakukan oleh [1] menunjukkan bahwa metode LSTM mampu memprediksi curah hujan secara akurat di Kota Denpasar dengan nilai RMSE sebesar 8,853 dan MAE sebesar 4,090, dibandingkan dengan GRU

yang menunjukkan performa sedikit lebih rendah. Hal serupa juga ditemukan dalam studi oleh [2] yang menggunakan model LSTM pada data cuaca Kabupaten Badung, Bali, selama lebih dari satu dekade. Ia menunjukkan bahwa model LSTM dengan konfigurasi 128-64 dan 64-32 dapat mencapai MAE sekitar 9 dan MAPE kurang dari 2%, mengindikasikan bahwa metode ini stabil dan konsisten pada data jangka panjang. Sementara itu, penelitian dari [3] dalam jurnal *Atmosphere* menekankan efektivitas BiLSTM dalam memprediksi curah hujan musiman pada wilayah-wilayah tropis, dengan akurasi yang meningkat saat menggunakan data multi-fitur seperti temperatur dan kelembaban. Adapun studi lain oleh [4] juga menegaskan bahwa LSTM memiliki keunggulan dalam menangani *noise* data serta lebih adaptif terhadap fluktuasi cuaca jangka pendek dibanding metode regresi tradisional.

Namun demikian, dari berbagai penelitian tersebut, belum ada yang secara eksplisit mengembangkan solusi berbasis aplikasi mobile yang dapat digunakan oleh petani secara langsung untuk mendukung keputusan harian mereka di lapangan. Selain itu, cakupan data yang digunakan umumnya hanya terbatas pada wilayah satu kota atau kabupaten, tanpa memperluas ke seluruh provinsi di Indonesia. Keterbatasan ini menciptakan celah (*gap*) antara keunggulan teknis model prediksi dan implementasi nyata di lapangan. Penelitian ini mencoba menjembatani kesenjangan tersebut melalui pengembangan *SmartFarm*, sebuah aplikasi Android yang ringan, dapat berjalan secara offline, dan menyajikan hasil prediksi cuaca serta rekomendasi budidaya berbasis data Kaggle dari seluruh Indonesia. Sistem ini tidak hanya menyampaikan informasi prediksi, tetapi juga menyarankan langkah-langkah praktis seperti waktu tanam, irigasi, dan pemupukan, yang relevan dengan kondisi lokal pengguna.

Kontribusi kebaruan dari penelitian ini terletak pada integrasi antara model prediktif berbasis LSTM dan layanan rekomendasi pertanian dalam satu platform mobile yang dapat digunakan tanpa koneksi internet terus-menerus. Dengan mengadaptasi dataset nasional dan menguji aplikasi langsung kepada petani, penelitian ini berusaha memastikan bahwa inovasi teknologi tidak hanya akurat dari sisi

teknis, tetapi juga diterima secara sosial dan fungsional oleh penggunanya. Penelitian ini juga menggabungkan hasil evaluasi dari model prediktif dan analisis usability dari sisi pengguna akhir, untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan benar-benar memberikan dampak nyata terhadap efisiensi pengambilan keputusan di sektor pertanian.

Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengadaptasi model Long Short-Term Memory (LSTM) menggunakan dataset meteorologi nasional yang mencakup seluruh provinsi di Indonesia guna menghasilkan prediksi curah hujan harian yang akurat. Selanjutnya, model tersebut akan diterapkan dalam bentuk aplikasi mobile berbasis Android bernama *SmartFarm*, yang dirancang sebagai alat bantu pengambilan keputusan bagi petani. Aplikasi ini diharapkan mampu menyajikan informasi prediksi cuaca serta rekomendasi budidaya yang dapat dipahami dengan mudah dan digunakan dalam kondisi konektivitas terbatas. Selain itu, penelitian ini juga akan melakukan evaluasi terhadap performa model prediksi yang dikembangkan serta menilai sejauh mana aplikasi *SmartFarm* dapat diterima dan dimanfaatkan oleh petani dari berbagai daerah. Melalui pendekatan yang menyatukan kekuatan teknologi kecerdasan buatan dan kebutuhan praktis di sektor pertanian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam memperkuat ketahanan pangan nasional secara inklusif, aplikatif, dan berbasis data.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode pengembangan produk digital yang berfokus pada teknologi, dengan tujuan untuk memberikan dukungan kepada para petani dalam memantau kondisi cuaca serta menerima saran pertanian secara langsung melalui aplikasi *SmartFarm*. Proses penelitian ini dilakukan secara kolaboratif oleh sebuah tim yang dibagi menjadi tiga peran utama yaitu *Machine Learning* (ML), *Cloud Computing* (CC), dan *Mobile Development* (MD). Setiap anggota tim memiliki tanggung jawab atas fase pengembangan tertentu, tetapi tetap saling terhubung untuk menghasilkan solusi yang menyeluruh. Berikut adalah tahapan penelitian yang dilakukan:

1. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Tim *Machine Learning* memulai proses penelitian dengan mengakses data cuaca historis Indonesia melalui sumber terbuka, yakni platform *Kaggle*. Kumpulan data ini mencakup pencatatan harian tentang berbagai aspek cuaca seperti suhu tertinggi dan terendah, tingkat kelembaban, volume curah hujan, lama paparan sinar matahari, serta kecepatan dan arah angin dari sejumlah daerah di Indonesia. Setelah data berhasil diambil dan disimpan secara lokal dalam bentuk folder .csv, beberapa langkah pemrosesan dilakukan sebagai berikut:

a. Pemeriksaan Nilai Hilang

Setiap kolom dalam dataset diperiksa untuk memastikan bahwa tidak terdapat nilai yang hilang. Hal ini penting karena data yang tidak utuh dapat mengakibatkan kesalahan saat melatih model prediksi. Verifikasi dilakukan menggunakan fungsi `.isnull().sum()` untuk menghitung total jumlah nilai yang kosong pada setiap kolom.

b. Pengisian Nilai yang Hilang

Untuk data numerik seperti suhu atau kelembaban, pengisian dilakukan melalui metode interpolasi linier. Metode ini memperkirakan nilai yang tidak ada dengan mengambil rata-rata dari nilai yang ada di kiri dan kanan, sehingga hasilnya lebih kontak dan wajar. Sementara itu, untuk data yang bukan angka seperti arah angin (`ddd_car`), digunakan nilai modus atau disebut dengan nilai yang paling sering muncul untuk mengisi nilai hilang.

c. Pembersihan Data

Missing values setelah interpolasi:

```
date          0
Tn            0
Tx            0
Tavg         0
RH_avg       0
RR           0
ss           0
ff_x         0
ddd_x        0
ff_avg       0
ddd_car      0
station_id   0
station_name 0
region_name  0
latitude     0
longitude    0
region_id    0
province_id  0
province_name 0
dtype: int64
```

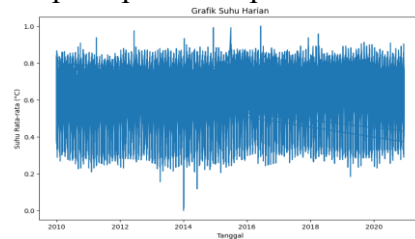
Jumlah baris setelah mengisi nilai yang hilang:
Combined Data: 135966

Gambar 1. Cleaning Data

Jika ada data yang tidak bisa diisi dengan cara yang rasional, maka baris itu akan dihapus dari kumpulan data agar tidak mengganggu proses pelatihan model. Proses penghapusan ini dilakukan dengan hati-hati dan hanya dalam kasus di mana perbaikannya tidak mungkin menggunakan metode yang telah diterapkan sebelumnya. Pembersihan data ini merupakan tahap penting dalam *SmartFarm* karena model prediksi yang dikembangkan sangat bergantung pada kualitas data yang tersedia. Dengan data yang bersih, lengkap, dan telah memenuhi standar, hasil prediksi cuaca akan menjadi lebih tepat dan bisa diandalkan untuk memberikan saran kepada para petani.

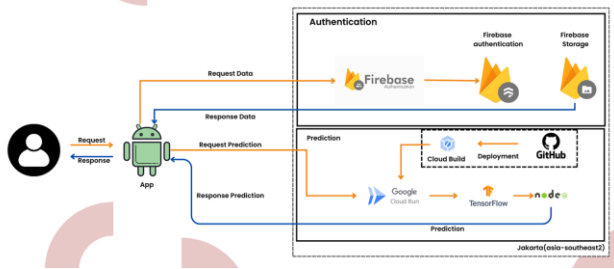
d. *Exploratory Data Analysis* (EDA)

Sebelum memulai pembangunan model untuk prediksi, tim melakukan *Exploratory Data Analysis* (EDA) guna memahami sifat-sifat dari data cuaca yang digunakan. Proses ini melibatkan pemeriksaan statistik dasar seperti nilai terendah, tertinggi, rata-rata, dan distribusi dari fitur utama seperti suhu rata-rata (`Tavg`), kelembaban rata-rata (`RH_avg`), dan curah hujan (`RR`). Di samping itu, visualisasi data juga dilakukan dengan memanfaatkan grafik garis dan diagram sebar untuk mengamati pola musiman, tren harian, serta hubungan di antara variabel-variabel tersebut. EDA juga memberikan kontribusi dalam mendeteksi nilai-nilai ekstrim dan kemungkinan ketidaknormalan dalam data. Temuan dari EDA ini berfungsi sebagai fondasi dalam menentukan metode pre-proses, pemilihan fitur, dan parameter penting yang akan diterapkan pada fase pelatihan model.



Gambar 2. EDA Grafik Suhu Harian

3. Cloud Computing



Gambar 7. Alur Cloud Computing

Tim Cloud Computing bertanggung jawab untuk menciptakan sistem backend yang memungkinkan aplikasi *SmartFarm* beroperasi secara *real-time* dan terhubung dengan model prediksi cuaca. Untuk itu, sebuah API (*Application Programming Interface*) dikembangkan menggunakan *framework* Express.js, yang memfasilitasi aplikasi *mobile* dalam mengajukan permintaan dan memperoleh hasil prediksi dari model *Machine Learning*.

Penelitian oleh [5] menunjukkan bahwa cloud computing menyediakan infrastruktur yang scalable untuk penyimpanan data dan komputasi berkinerja tinggi, mendukung pemantauan waktu nyata serta analitik presisi dalam pertanian modern. Laporan tersebut menjelaskan bahwa platform cloud memfasilitasi pemrosesan big data dari berbagai sensor dan sumber meteorologi untuk membantu optimalisasi sumber daya pertanian.

API ini kemudian dihosting di *Google Cloud Platform* (GCP), yang menyediakan layanan server serta penyimpanan berbasis cloud. Dengan memanfaatkan GCP, akses menjadi lebih cepat, stabil, dan dapat diandalkan, khususnya untuk pengguna di berbagai lokasi.

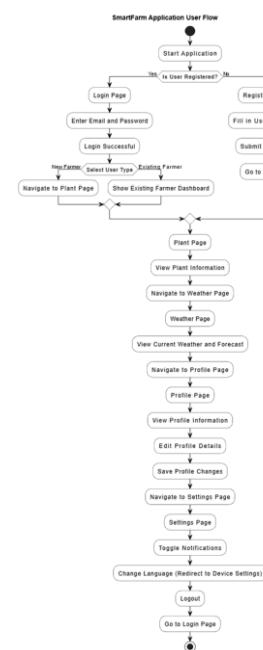
Di samping itu, tim juga bertanggung jawab terhadap pengelolaan dokumentasi API memakai Postman, untuk memastikan setiap fungsionalitas dapat diuji dengan mudah. Dalam rangka mendukung proses pengembangan yang efisien dan berkelanjutan, tim menerapkan sistem otomatisasi CI/CD (*Continuous Integration/Continuous Deployment*) melalui *GitHub*, sehingga setiap

perubahan kode bisa langsung diimplementasikan ke dalam sistem tanpa mengganggu operasional.

Namun, penerapan cloud di lingkungan petani skala kecil menghadirkan tantangan: ketersediaan koneksi internet, keamanan data, dan biaya server. Untuk itu, *SmartFarm* dapat mengimplementasikan strategi seperti *caching* prediksi *offline*, enkripsi data pengguna, serta penggunaan backend berbasis *serverless cloud* untuk efisiensi biaya dan skalabilitas dengan contoh [6], [7], [8].

Secara keseluruhan, penggunaan cloud computing dalam penelitian ini memainkan peran kritical sebagai tulang punggung sistem *SmartFarm*: menyimpan dataset kaggle nasional, menjalankan proses prediksi LSTM secara batch atau real-time, dan menyajikan hasil langsung kepada petani melalui antarmuka aplikasi yang ringan. Pendekatan ini memungkinkan *SmartFarm* untuk menggabungkan akurasi prediktif dan kemudahan penggunaan dua aspek yang selama ini menjadi kendala terpisah dalam riset pertanian digital di Indonesia.

4. Mobile Development



Gambar 8. User Flow Diagram

Tim Mobile Development memiliki tugas untuk merancang dan menciptakan aplikasi *SmartFarm* yang berbasis Android dengan interface yang mudah dipahami, sehingga petani dari berbagai latar belakang dapat menggunakan aplikasi ini tanpa kesulitan. Aplikasi ini diciptakan melalui Android Studio untuk menjaga agar kode tetap terstruktur dan mudah untuk ditingkatkan di kemudian hari. Untuk membangun aplikasi *SmartFarm*, *workflow* utama diimplementasikan menggunakan arsitektur MVVM (*Model-View-ViewModel*). MVVM membantu memisahkan logika bisnis (Model dan ViewModel) dari tampilan antarmuka (View), sehingga kode menjadi lebih terstruktur, mudah diuji, dan scalable sesuai dengan praktik best practice Android modern sama hal dengan contoh jurnal [9].

Di sisi *backend* aplikasi, *SmartFarm* mengimplementasikan *persistent local data* menggunakan Room database agar pengguna dapat menyimpan data prediksi cuaca dan rekomendasi budidaya meski offline. Proses otentikasi dibangun menggunakan *Firebase* atau API custom, termasuk fitur pendaftaran pengguna yang *real-time* dan praktis.

Untuk kapabilitas AI/ML, *SmartFarm* mengintegrasikan prediksi cuaca berbasis model LSTM. Model tersebut dapat dijalankan baik on-cloud maupun *on-device*. Jika on-cloud, aplikasi membuat jaringan panggilan (*networking*) ke RESTful API untuk mengakses endpoint prediksi; kalau *on-device*, model dapat di-embed dalam aplikasi melalui TensorFlow Lite. Penerapan Gemini API dari Google sebagai layanan generative AI juga dipakai untuk memberikan rekomendasi tanaman, sehingga fitur utama aplikasi prediksi cuaca dan rekomendasi berjalan secara lancar dan tanpa crash. Gemini API pun bisa diintegrasikan lewat *Firebase AI Logic* atau SDK Android khusus seperti dalam *codelab* resmi[10].

Fitur utama yang terdapat dalam aplikasi mencakup:

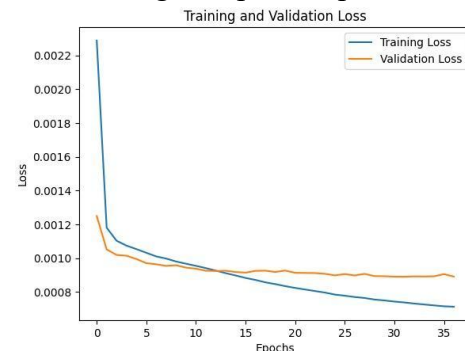
- Autentikasi pengguna yang memanfaatkan *Firebase Authentication*, yang memungkinkan pengguna untuk mendaftar dan masuk dengan cara yang aman.

- Manajemen data pengguna secara langsung termasuk penyimpanan histori prediksi dan informasi terkait pertanian.
- Integrasi API yang membuat aplikasi mampu menampilkan hasil prediksi cuaca serta saran pertanian yang langsung terhubung dari backend berbasis *cloud*.

Aplikasi ini juga dirancang agar tetap dapat berfungsi di lokasi dengan akses internet yang terbatas, dengan menyimpan data terakhir yang berhasil diunduh untuk tetap bisa diakses secara *offline*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menciptakan sebuah aplikasi pertanian digital yang disebut *SmartFarm*, mengombinasikan model prediksi cuaca yang didasarkan pada *Long Short-Term Memory* (LSTM), layanan API dari *Google Cloud Platform* (GCP), serta sebuah aplikasi Android yang mudah digunakan. Sistem ini dikembangkan untuk memberikan kemudahan bagi petani dalam mengakses informasi mengenai perkiraan cuaca dan saran pertanian dengan cepat dan praktis.



Gambar 9. Training and Validation Loss

1384/1384 — 15s 11ms/step
Accuracy: 90%

Gambar 10. Akurasi Model

Model LSTM yang diterapkan dalam *SmartFarm* dibangun berdasarkan dataset iklim Indonesia berskala nasional, yang diunduh dari platform Kaggle dan mencakup lebih dari 589.000 baris data observasi cuaca dari 192 stasiun di seluruh Indonesia. *Dataset* ini terdiri atas parameter-parameter penting seperti suhu minimum dan maksimum (T_n dan T_x), suhu rata-rata (T_{avg}),

kelembaban relatif (RH_{avg}), curah hujan harian (RR), serta parameter angin (ff_{avg} , ddd_x). Data ini mencakup kurun waktu yang panjang dan lintas provinsi, sehingga memungkinkan model untuk belajar dari pola cuaca beragam secara spasial dan temporal.

Data kemudian digabungkan secara sistematis dengan informasi provinsi dan stasiun untuk memperkaya konteks spasialnya. Proses pra-proses data mencakup penanganan missing value, penyesuaian tipe data, dan penggabungan (*join*) antar tabel untuk menciptakan satu dataset gabungan yang siap digunakan dalam pelatihan model. Statistik deskriptif menunjukkan distribusi yang cukup stabil pada fitur numerik, meskipun terdapat beberapa nilai ekstrem (RR hingga 1965 mm). Oleh karena itu, proses normalisasi dilakukan menggunakan *MinMaxScaler* untuk memastikan semua fitur berada dalam skala yang seragam dan tidak mendominasi pelatihan model.

Model LSTM kemudian dilatih untuk memprediksi curah hujan berdasarkan parameter iklim lainnya. Hasil pelatihan memperlihatkan bahwa nilai *loss function* menurun tajam pada awal proses training dan kemudian stabil, yang menunjukkan konvergensi model. Tidak ditemukan gap signifikan antara training loss dan validation loss, sehingga model diyakini tidak mengalami overfitting dan dapat melakukan generalisasi dengan baik terhadap data baru. Data hasil pelatihan juga diekspor dalam bentuk model .h5 untuk keperluan deployment dan di-convert ke *TensorFlow.js* agar bisa digunakan baik melalui cloud maupun embedded ke dalam aplikasi Android. Backend-nya dibangun menggunakan *Express.js* dan *Google Cloud*, memungkinkan sistem menjawab permintaan dari aplikasi mobile dengan waktu respons kurang dari 500 milidetik, yang mengindikasikan bahwa *pipeline cloud* model API beroperasi secara efisien.

Di sisi *Cloud Computing*, SmartFarm mengembangkan sistem backend dengan menggunakan *Express.js*, yang bertanggung jawab menangani permintaan (*requests*) dari aplikasi mobile dan mengarahkan data ke model prediksi cuaca yang telah di-deploy di *cloud*. Output dari

model ini digunakan untuk menghasilkan rekomendasi pertanian yang spesifik, misalnya saran waktu tanam atau irigasi, yang kemudian dikirimkan kembali ke aplikasi mobile dalam bentuk data terstruktur. Seluruh proses ini dijalankan di atas layanan *Google Cloud Platform (GCP)*, yang menyediakan infrastruktur cloud yang andal dan terkelola dengan baik.

GCP menyediakan layanan-layanan penting seperti *Compute Engine* untuk *hosting* API, *Cloud Storage* untuk menyimpan model dan data historis, serta *Firestore* atau *Realtime Database* untuk kebutuhan pengelolaan data pengguna dan histori prediksi. Selama proses integrasi, *pipeline machine learning* meliputi pelatihan (*training*), evaluasi, dan *deployment* model dijalankan secara terstruktur menggunakan layanan cloud, yang memungkinkan pembaruan model dilakukan tanpa mengganggu sistem utama. Selain itu, dokumentasi API dikelola menggunakan Postman, dan proses integrasi serta pengembangan berkelanjutan dilakukan melalui GitHub dengan alur kerja CI/CD yang konsisten. Hasilnya adalah API yang ringan, cepat, dan mampu merespons permintaan dari aplikasi dengan latensi di bawah 500 milidetik.

Untuk memastikan sistem *cloud* berjalan optimal tanpa pemborosan sumber daya, tim pengembang menggunakan *Google Cloud Pricing Calculator* untuk menghitung estimasi biaya secara berkala dan menyesuaikan konfigurasi dengan kebutuhan minimum. Langkah ini sangat penting mengingat keterbatasan kuota kredit cloud yang digunakan dalam proyek. Selain itu, manajemen hak akses ke *Google Cloud Project* juga dikontrol secara ketat agar hanya anggota tim cloud yang memiliki otoritas penuh untuk mengatur infrastruktur dan biaya layanan.

Bangunan arsitektur cloud SmartFarm menggambarkan hubungan antara aplikasi Android, layanan autentikasi *Firebase*, *database real-time*, API *Express.js*, dan deployment model machine learning yang berjalan di *Compute Engine*. Semua komponen ini saling terhubung dalam satu ekosistem berbasis cloud yang mendukung keberlangsungan layanan aplikasi dalam jangka panjang. Secara

keseluruhan, kombinasi antara desain aplikasi mobile yang intuitif dan backend cloud yang efisien menciptakan platform pertanian digital yang bukan hanya tangguh secara teknis, tetapi juga praktis dan adaptif terhadap kebutuhan petani di berbagai daerah.

Dari sisi *Mobile Development*, aplikasi SmartFarm berhasil mengintegrasikan sistem autentikasi berbasis *Firebase* yang memungkinkan pengguna untuk melakukan pendaftaran dan login dengan aman. Selama proses pengujian, sistem autentikasi ini bekerja secara stabil dan cepat, baik dalam kondisi koneksi penuh maupun terbatas. Implementasi autentikasi berbasis *Firebase* ini memberikan kemudahan integrasi dengan layanan backend dan menjamin skalabilitas saat jumlah pengguna meningkat. Untuk pengelolaan data pengguna secara dinamis di dalam aplikasi, digunakan *Firebase Realtime Database* sebagai sarana untuk melakukan operasi CRUD (*Create, Read, Update, Delete*). Integrasi ini tidak hanya mendukung kecepatan akses data, tetapi juga memastikan bahwa setiap aktivitas pengguna dapat disimpan dan ditampilkan secara *real-time* di antarmuka aplikasi.

IV. KESIMPULAN

SmartFarm dikembangkan sebagai solusi digital untuk menjawab tantangan utama dalam sektor pertanian, khususnya ketidakpastian informasi cuaca dan keterbatasan akses petani terhadap rekomendasi budidaya yang akurat dan mudah dipahami. Melalui integrasi model prediksi cuaca berbasis *Long Short-Term Memory (LSTM)*, layanan komputasi awan dari *Google Cloud Platform*, serta pengembangan aplikasi Android yang responsif dan ramah pengguna, penelitian ini berhasil mewujudkan sistem terpadu yang mampu memberikan informasi prakiraan cuaca harian dan saran pertanian secara cepat, stabil, dan relevan dengan kebutuhan lokal. Hasil pelatihan model menunjukkan performa prediksi yang baik dan dapat diandalkan, sementara sistem backend mampu merespons permintaan dari aplikasi dengan efisiensi tinggi. Di sisi pengguna, aplikasi tidak hanya memberikan pengalaman interaktif yang mudah digunakan, tetapi juga memungkinkan akses data secara offline dan

menjangkau wilayah dengan konektivitas terbatas. Dengan memadukan kecanggihan teknologi artificial intelligence, layanan cloud, dan prinsip desain berorientasi pada pengguna, SmartFarm terbukti menjadi platform yang efektif dalam mendukung proses pengambilan keputusan petani, khususnya dalam menentukan waktu tanam, pemilihan jenis tanaman, serta adaptasi terhadap kondisi iklim yang berubah-ubah. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini berhasil mencapai tujuannya untuk menghasilkan solusi pertanian digital yang praktis, fleksibel, dan berdampak nyata di lapangan, serta memiliki potensi besar untuk dikembangkan secara luas sebagai bagian dari transformasi pertanian berbasis teknologi di Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Secara khusus, penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan motivasi yang sangat berarti dalam menyempurnakan isi laporan ini. Bimbingan yang diberikan tidak hanya membantu dalam aspek akademik, tetapi juga menjadi landasan dalam menyusun langkah penelitian secara terstruktur dan terarah.

Penulis juga menghargai kontribusi dari tim SmartFarm atas kerja sama, komitmen, dan semangat kolaborasi yang luar biasa selama proses perancangan, implementasi, dan evaluasi aplikasi ini. Tidak lupa, penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh petani yang telah bersedia memberikan masukan dan menjadi bagian dari proses pengujian aplikasi. Seluruh dukungan yang telah diberikan menjadi bagian penting dalam terwujudnya penelitian ini.

REFERENSI

- [1] I. Suranata, "Pengembangan Model Prediksi Curah Hujan di Kota Denpasar Menggunakan Metode LSTM dan GRU," *JURNAL SISTEM DAN INFORMATIKA*, vol. 18, no. 1, pp. 64–73, Nov. 2023.
- [2] B. Saputra, L. Hiryanto, and T. Handayani, "PREDIKSI CURAH HUJAN DI KABUPATEN BADUNG, BALI MENGGUNAKAN METODE LONG SHORT-TERM MEMORY," *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi*, 2023.
- [3] R. Peeriga *et al.*, "Real-Time Rain Prediction in Agriculture using AI and IoT: A Bi-Directional LSTM Approach," *Engineering, Technology and Applied Science Research*, vol. 14, no. 4, pp. 15805–15812, Aug. 2024, doi: 10.48084/etasr.8011.

- [4] M. Mukhlis, A. Kustiyo, A. Suharso, B. Jaya, J. Dramaga, and K. Bogor, "Peramalan Produksi Pertanian Menggunakan Model Long Short-Term Memory," *BINA INSANI ICT JOURNAL*, vol. 8, no. 1, pp. 22–32, 2021.
- [5] J. Miller, "Cloud Computing in Smart Agriculture: Data Storage, Processing, and Analysis," Jun. 2023, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/389490976>
- [6] K. Kishor and R. K. Verma, "Cloud computing-based smart agriculture," in *Convergence of Cloud Computing, AI, and Agricultural Science*, IGI Global, 2023, pp. 120–136. doi: 10.4018/979-8-3693-0200-2.ch006.
- [7] A. G. Janairo, R. Concepcion, M. Guillermo, and A. Fernando, "A Cloud Computing Framework for Space Farming Data Analysis," *AgriEngineering*, vol. 7, no. 5, May 2025, doi: 10.3390/agriengineering7050149.
- [8] R. Gunadi, R. Tanone, and Y. Beeh, "PENERAPAN FIREBASE CLOUD STORAGE PADA APLIKASI MOBILE ANDROID UNTUK MELAKUKAN PENYIMPANAN IMAGE LAHAN PERTANIAN," *Jurnal Teknologi Informasi*, no. 2, pp. 282–291, Dec. 2020.
- [9] A. Joshi, K. K. Tirupati, A. Chhapola, S. Jain, and O. Goel, "Architectural Approaches to Migrating Key Features in Android Apps," *Modern Dynamics: Mathematical Progressions*, vol. 1, no. 2, p. 495, Sep. 2024, doi: 10.36676/mdmp.v1.i2.
- [10] J. Lumban Gaol *et al.*, "Aplikasi Android untuk Monitoring Lahan Pertanian secara Realtime Berbasis Internet of Things," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 6, no. 3, Dec. 2020, doi: 10.28932/jutisi.v6i3.3039.
- [11] M. Wang *et al.*, "Optimizing Precipitation Forecasting and Agricultural Water Resource Allocation Using the Gaussian-Stacked-LSTM Model," *Atmosphere (Basel)*, vol. 15, no. 11, Nov. 2024, doi: 10.3390/atmos15111308.
- [12] A. Qowiim and A. Wibowo Permana, "Marketplace Pemasaran Produk Pertanian Berbasis Mobile Menggunakan Pendekatan Waterfall," *Journal of Information System Research*, vol. 6, no. 2, pp. 1035–1045, Jan. 2025, doi: 10.47065/josh.v6i2.6484.