

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan seluruh tahapan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Penelitian ini berhasil menghasilkan *website* melalui beberapa tahapan yang terstruktur. Proses dimulai dengan mengidentifikasi masalah dan kebutuhan pengguna, mengumpulkan data klimatologi BMKG wilayah Bogor, serta melakukan *preprocessing* berupa pemeriksaan dan pembersihan data, interpolasi nilai yang hilang, standardisasi, dan pembentukan data sekuensial. Data tersebut kemudian digunakan untuk membangun dan mengevaluasi model LSTM yang menghasilkan prediksi suhu, kelembaban, serta kondisi dan intensitas curah hujan. *Website* dikembangkan menggunakan metode *Rapid Application Development* (RAD) melalui tahap perencanaan kebutuhan, desain sistem, pengembangan, dan implementasi. Model LSTM yang dibangun menggunakan Python selanjutnya dihubungkan dengan *backend* Laravel melalui *Flask* API, sedangkan hasil prediksi disimpan pada *database* MySQL dan diolah menggunakan logika *Fuzzy* untuk menghasilkan informasi dan rekomendasi pertanaman padi. Setelah seluruh komponen berhasil diintegrasikan, *website* diimplementasikan pada server sehingga dapat diakses melalui jaringan internet.
2. *Website* yang dikembangkan berhasil menyajikan informasi klimatologi dan hasil analisis pertanian secara terintegrasi melalui alur penggunaan yang sederhana. Ketika halaman utama diakses, sistem langsung menampilkan informasi dan rekomendasi berdasarkan tanggal bawaan tanpa mewajibkan pengguna melakukan *login* atau memasukkan data terlebih dahulu. Pengguna yang ingin memperoleh analisis pada tanggal lain cukup memilih tanggal tanam melalui komponen pemilihan tanggal, kemudian informasi klimatologi, grafik, rekomendasi waktu tanam, estimasi kebutuhan air, rekomendasi varietas padi, dan risiko iklim diperbarui pada halaman yang sama. Informasi lebih rinci dapat dilihat melalui tombol detail, lalu laporan hasil analisis juga dapat dicetak atau disimpan dalam format PDF melalui tombol unduh laporan. Pada sisi admin, sistem menyediakan fungsi *login*, pengelolaan data klimatologi, dan *generate prediction*. Hasil *Black Box Testing* terhadap 40 skenario memperoleh persentase keberhasilan sebesar 100%, sedangkan UAT memperoleh rata-rata skor 4,37 dari skala maksimum 5. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *website* telah diterima dengan baik, memiliki alur interaksi yang sederhana, informasinya mudah dipahami, dan layak digunakan sebagai pendukung pengambilan keputusan budidaya padi.

3. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa algoritma LSTM menghasilkan tingkat kesalahan yang berbeda pada setiap parameter klimatologi. Nilai MAE menunjukkan rata-rata selisih absolut antara hasil prediksi dan data aktual dalam satuan yang sama dengan parameter yang diprediksi, sedangkan RMSE memberikan bobot lebih besar terhadap kesalahan prediksi yang bernilai tinggi. Model suhu menghasilkan MAE sebesar 0,67383 dan RMSE sebesar 0,86260. Artinya, hasil prediksi suhu memiliki rata-rata penyimpangan sekitar 0,67°C terhadap data aktual, dengan besarnya kesalahan yang telah mempertimbangkan kesalahan ekstrem sekitar 0,86 °C. Model kelembaban menghasilkan MAE sebesar 3,10620 dan RMSE sebesar 3,93650, sehingga rata-rata hasil prediksi menyimpang sekitar 3,11 poin persentase dari data aktual. Nilai tersebut menunjukkan bahwa model suhu dan kelembaban mampu menghasilkan prediksi yang relatif mendekati data aktual karena tingkat kesalahannya rendah dibandingkan rentang nilai masing-masing parameter. Sementara itu, model regresi curah hujan menghasilkan MAE sebesar 10,01678 dan RMSE sebesar 17,56947. Perbedaan RMSE yang lebih tinggi daripada MAE menunjukkan masih terdapat beberapa prediksi curah hujan dengan kesalahan yang cukup besar akibat karakteristik curah hujan yang fluktuatif, mengandung banyak nilai nol, dan memiliki lonjakan intensitas. Adapun model klasifikasi curah hujan memperoleh akurasi sebesar 80,321%, yang berarti sekitar 80 dari setiap 100 data uji berhasil diklasifikasikan dengan benar sebagai kondisi hujan atau tidak hujan. Dengan demikian, model suhu dan kelembaban menunjukkan hasil yang relatif baik, sedangkan model curah hujan masih memiliki ruang untuk ditingkatkan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Cakupan penelitian dapat diperluas dengan menggunakan data dari beberapa stasiun klimatologi dan wilayah yang berbeda. Pengembangan tersebut diperlukan agar model tidak hanya menggambarkan kondisi wilayah Bogor, tetapi juga dapat menghasilkan prediksi dan rekomendasi yang disesuaikan dengan karakteristik agroklimat pada wilayah lainnya.
2. Estimasi kebutuhan air dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan parameter evapotranspirasi potensial, debit irigasi, serta kehilangan air pada lahan. Penambahan parameter tersebut diharapkan mampu menghasilkan estimasi kebutuhan air yang lebih rinci dan sesuai dengan kondisi di lapangan.
3. Sistem dapat dikembangkan agar mendukung lebih dari satu tipe lahan, seperti sawah tadah hujan, lahan rawa, dan lahan kering. Penyesuaian tersebut perlu disertai dengan aturan rekomendasi, kebutuhan air, dan pilihan varietas yang sesuai dengan karakteristik setiap lahan.