

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai implementasi Long Short-Term Memory (LSTM) untuk prediksi permintaan darah di PMI Kabupaten Temanggung dengan visualisasi dashboard Tableau, penelitian ini berhasil membangun model prediksi berdasarkan data historis permintaan darah periode Juli 2021 hingga Desember 2025. Proses pemodelan diawali dengan tahap pre-processing yang meliputi pembersihan data, standardisasi golongan darah, agregasi data secara mingguan (weekly resampling), penanganan data yang hilang, normalisasi menggunakan MinMaxScaler, serta pembagian data menjadi data pelatihan dan data pengujian. Model prediksi dibangun menggunakan arsitektur stacked LSTM dengan pencarian kombinasi hyperparameter terbaik melalui metode Grid Search. Hasil pencarian menunjukkan bahwa konfigurasi optimal berbeda pada setiap golongan darah sesuai dengan karakteristik data masing-masing.

Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan metrik Root Mean Squared Error (RMSE) untuk mengukur besarnya kesalahan antara hasil prediksi dan data aktual. Golongan darah A memperoleh konfigurasi terbaik dengan look back 8 minggu, learning rate 0,002, epoch 150, dan batch size 8 dengan nilai RMSE sebesar 6,1862. Golongan darah B memperoleh konfigurasi terbaik dengan look back 12 minggu, learning rate 0,002, epoch 200, dan batch size 4 dengan nilai RMSE sebesar 7,3376. Golongan darah AB memperoleh konfigurasi terbaik dengan look back 12 minggu, learning rate

0,002, epoch 200, dan batch size 4 dengan nilai RMSE sebesar 2,8593, yang merupakan nilai kesalahan terendah di antara keempat golongan darah. Golongan darah O memperoleh konfigurasi terbaik dengan look back 4 minggu, learning rate 0,002, epoch 200, dan batch size 4 dengan nilai RMSE sebesar 9,4806, yang merupakan nilai kesalahan tertinggi. Perbedaan nilai RMSE tersebut menunjukkan bahwa kemampuan model dalam memprediksi permintaan darah berbeda pada setiap golongan darah dan berkaitan dengan karakteristik pola permintaan masing-masing.

Hasil prediksi yang diperoleh dari model LSTM selanjutnya berhasil diintegrasikan ke dalam dashboard Tableau untuk menyajikan data historis, hasil pengujian, dan prediksi permintaan darah pada periode mendatang. Dashboard tersebut menyajikan informasi berdasarkan golongan darah sehingga pengguna dapat mengamati pola dan kecenderungan permintaan secara lebih terstruktur dan mudah dipahami. Integrasi model prediksi dengan dashboard memberikan informasi pendukung bagi PMI Kabupaten Temanggung dalam memantau pola permintaan serta membantu proses perencanaan kebutuhan dan persediaan darah.

5.2 Saran

Berdasarkan keterbatasan dan temuan selama proses penelitian, terdapat beberapa saran yang ditujukan baik untuk ranah praktis operasional instansi maupun ranah akademis bagi penelitian selanjutnya:

5.2.1 Saran Praktis bagi PMI Kabupaten Temanggung

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, manajemen UDD PMI Kabupaten Temanggung disarankan untuk memanfaatkan dashboard visualisasi hasil prediksi sebagai salah satu sumber informasi pendukung dalam perencanaan ketersediaan stok darah. Informasi yang disajikan dapat digunakan untuk membantu menentukan strategi pemenuhan persediaan, merencanakan kegiatan donor darah di luar gedung (jemput bola), serta melakukan pemantauan dan pemanggilan pendonor aktif secara lebih terencana. Pemanfaatan informasi tersebut diharapkan dapat membantu mengurangi potensi terjadinya kekurangan stok darah (*shortage*) maupun kelebihan persediaan yang berisiko menyebabkan darah melewati masa simpan (*spoilage*).

Pemanfaatan model LSTM dalam mendukung perencanaan tersebut memerlukan ketersediaan data yang berkualitas dan diperbarui secara berkala. PMI Kabupaten Temanggung disarankan untuk melakukan pencatatan data permintaan dan penggunaan darah secara rutin, lengkap, dan konsisten. Ketersediaan data terbaru dapat mendukung proses pelatihan ulang (*retraining*) model secara berkala sehingga model dapat menyesuaikan pola yang dipelajari dengan perubahan permintaan darah dan kondisi kesehatan masyarakat dari waktu ke waktu.

5.2.2 Saran akademis untuk penelitian selanjutnya

Pengembangan variabel multivariat (*Multivariate Time Series*). Penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan penambahan variabel eksternal (*exogenous variables*) yang tidak hanya bergantung pada pola data historis permintaan darah. Variabel tambahan tersebut dapat berupa faktor yang berpotensi memengaruhi perubahan kebutuhan darah, seperti peningkatan kasus penyakit tertentu (contohnya demam berdarah dengue), periode hari libur nasional maupun keagamaan, aktivitas rumah sakit rujukan, serta kejadian khusus seperti bencana alam. Penambahan variabel tersebut diharapkan mampu meningkatkan kemampuan model dalam mengenali kondisi tidak normal dan memprediksi peningkatan permintaan darah secara lebih tepat.

Eksplorasi arsitektur model deep learning lain. Pada penelitian berikutnya, pengembangan model dapat dilakukan dengan membandingkan kinerja algoritma LSTM dengan metode *deep learning* lainnya yang memiliki kemampuan dalam mengolah data deret waktu (*time series*). Beberapa metode yang dapat diuji antara lain *Bidirectional LSTM* (BiLSTM), *Gated Recurrent Unit* (GRU), model berbasis Transformer, dan pendekatan model hibrida seperti kombinasi ARIMA-LSTM. Perbandingan tersebut bertujuan untuk mengetahui metode yang memiliki performa lebih baik dalam

menangani pola permintaan darah yang bersifat fluktuatif dan sulit diprediksi.

Automasi pipeline dan MLOps, penelitian selanjutnya juga dapat mengembangkan sistem yang lebih terintegrasi melalui penerapan konsep *Machine Learning Operations (MLOps)*. Sistem dapat dirancang dalam bentuk aplikasi berbasis web yang terhubung secara otomatis antara model prediksi pada Python dengan basis data dan dashboard Tableau melalui API (*Application Programming Interface*). Dengan adanya integrasi tersebut, proses pengambilan data, pelatihan ulang model, hingga pembaruan hasil visualisasi dapat dilakukan secara otomatis dan berkala tanpa memerlukan proses manual, sehingga informasi prediksi yang tersedia dapat selalu mengikuti perkembangan data terbaru.

