

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Darah merupakan komponen krusial dalam sistem pelayanan kesehatan modern dan tidak dapat digantikan oleh bahan sintetis. Darah memiliki peran vital dalam berbagai prosedur medis, termasuk operasi besar, perawatan korban kecelakaan, pengobatan kanker, dan dukungan bagi individu dengan kelainan darah. Ketersediaan pasokan darah yang aman, tepat waktu, dan memadai sangat penting bagi berfungsinya sistem pelayanan kesehatan suatu negara secara efektif (Muttaqin et al., 2022). Tanpa manajemen inventaris yang tepat, nyawa pasien berada dalam bahaya setiap harinya.

Di Indonesia, terdapat tantangan yang kompleks dalam mengelola rantai pasokan darah di tingkat nasional. Palang Merah Indonesia (PMI) adalah organisasi utama yang bertanggung jawab atas pengumpulan, pemrosesan, dan pendistribusian darah. PMI terus berupaya menyeimbangkan pasokan dan permintaan di seluruh Indonesia. Permintaan darah nasional terus meningkat karena pertumbuhan penduduk dan perluasan fasilitas pelayanan kesehatan. Menurut data Kementerian Kesehatan, permintaan darah tahunan sekitar 5,6 juta kantong darah (*Direktorat Jenderal Kesehatan*, 2025) Sementara kapasitas pengumpulan sering kali kesulitan untuk memenuhi permintaan secara konsisten di semua wilayah.

Ketidakseimbangan antara pasokan dan permintaan ini menciptakan dua masalah utama yang saling bertentangan. Kekurangan stok darah dapat menunda prosedur medis kritis dan meningkatkan angka kematian pasien yang seharusnya dapat dihindari. Sebaliknya, kelebihan stok juga menjadi masalah serius karena produk darah memiliki masa simpan yang pendek, misalnya, trombosit hanya bertahan sekitar lima hari. Stok yang berlebih dan tidak terpakai akan kedaluwarsa, yang berarti pemborosan sumber daya dan tenaga para pendonor (Rani et al., 2023).

Keadaan ini diperparah oleh pola permintaan darah yang tidak menentu dan tidak stabil, dipengaruhi oleh banyak faktor yang sulit diprediksi. Faktor-faktor tersebut mencakup kejadian tak terduga seperti bencana alam atau kecelakaan masal, wabah penyakit musiman seperti demam berdarah, serta operasi yang sudah dijadwalkan di rumah sakit (Rahffi, 2024). Oleh karena itu, pengembangan metode prediksi yang mampu mempelajari pola permintaan darah dengan tingkat kesalahan yang berbeda pada setiap golongan darah akan menjadi prioritas untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas layanan darah. Sistem prediksi yang canggih dapat membantu PMI dalam menyiapkan kegiatan donor darah, mengelola inventaris, dan mendistribusikan stok darah secara lebih optimal.

Dalam hal yang lebih kecil, Unit Donor Darah (UDD) PMI di tingkat kabupaten/kota menjadi ujung tombak pelayanan darah yang langsung berhadapan dengan perubahan permintaan lokal. PMI Kabupaten Temanggung, sebagai penyedia utama darah untuk fasilitas kesehatan,

menghadapi tantangan yang sama dalam mengelola inventaris darah. Temanggung memiliki karakteristik permintaan yang unik, dipengaruhi oleh demografi lokal, jumlah rumah sakit yang dilayani, dan pola penyakit spesifik di daerah Temanggung. Pengelolaan stok yang tidak efisien di tingkat lokal memiliki dampak langsung terhadap keselamatan pasien di Temanggung.

Permasalahan utama yang dihadapi oleh PMI Temanggung adalah kesulitan dalam memprediksi jumlah permintaan kantong darah untuk setiap golongan darah. Permasalahan lain yang dihadapi oleh PMI Temanggung adalah kurangnya manajemen jadwal pada layanan jemput bola yang mengakibatkan hilangnya pendonor aktif yang memiliki keterbatasan akses ke gedung pusat. Kegagalan prediksi menyebabkan beberapa masalah operasional yang signifikan dan saling terkait. Ketika terjadi kekurangan, petugas harus melakukan panggilan darurat kepada pendonor pengganti yang memakan waktu dan tidak selalu berhasil atau transfer stok dari PMI lain, sehingga menempatkan pasien dalam bahaya (Putri & Sitepu, 2024). Di sisi lain, biaya operasional meningkat akibat pemusnahan stok darah yang kedaluwarsa, yang mencakup biaya kantong darah, reagen pengujian, dan biaya penyimpanan.

Akibatnya, UDD PMI Temanggung sering kali mengalami kekurangan stok untuk golongan darah tertentu pada saat-saat kritis, atau sebaliknya harus membuang kantong darah yang telah kedaluwarsa akibat kelebihan persediaan. Kondisi ini tidak terlepas dari keterbatasan sistem prediksi permintaan darah yang masih mengandalkan metode konvensional,

seperti *Simpel Moving Average* (Muttaqin et al., 2022) dan *Triple Exponential Smoothing (Holt-Winters)* (Rani et al., 2023). Pendekatan tersebut belum mampu membaca pola perubahan permintaan dari waktu ke waktu secara mendalam, terutama ketika terjadi fluktuasi yang tidak terduga dan bersifat dinamis (Rani et al., 2023). Akibatnya, hasil prediksi yang dihasilkan kurang akurat dan belum dapat dijadikan dasar yang kuat dalam pengambilan keputusan strategis terkait perencanaan stok. Permasalahan ini menunjukkan adanya kebutuhan mendesak untuk beralih dari pendekatan tradisional menuju metode perencanaan yang lebih modern, canggih, dan berbasis data agar pengelolaan persediaan darah dapat dilakukan secara lebih efektif dan efisien.

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan memberikan peluang baru untuk menyelesaikan masalah prediksi yang rumit. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan adalah pembelajaran mesin, terutama *deep learning*, yang mampu mengolah data berdasarkan pola waktu dan hubungan yang tidak selalu lurus atau sederhana (Prananto et al., 2024). Salah satu model yang sering digunakan adalah *Long Short-Term Memory* (LSTM), yaitu jenis jaringan saraf tiruan yang dirancang untuk memahami pola data dari waktu ke waktu dalam jangka panjang. LSTM telah digunakan dalam berbagai bidang, seperti prediksi keuangan, prakiraan cuaca, dan analisis perilaku pengguna. Namun, pemanfaatan LSTM untuk memprediksi permintaan darah masih belum banyak diteliti dan dikembangkan secara luas.

LSTM dibuat untuk mengatasi kelemahan pada jaringan saraf biasa yang sering kesulitan mengingat informasi dalam jangka waktu panjang. Dengan kemampuan ini, LSTM dapat memahami hubungan data dari waktu ke waktu dengan lebih baik. Karena permintaan darah dipengaruhi oleh pola waktu, seperti hari, bulan, atau musim tertentu, LSTM menjadi metode yang sesuai untuk digunakan. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa LSTM memberikan hasil prediksi yang lebih akurat dibandingkan dengan metode statistik lama seperti ARIMA. Penelitian Mbonyinshuti et al., (2024) menunjukkan bahwa model LSTM menunjukkan kinerja lebih unggul dengan akurasi lebih baik dan tingkat kesalahan lebih rendah dalam memprediksi permintaan obat-obatan dengan nilai RMSE sebesar 2,0 untuk set pelatihan dan 2,043 untuk set pengujian, sedangkan model ARIMA memiliki nilai RMSE 9,35 untuk set pelatihan dan 8,926 untuk set pengujian.

Selain metode prediksi, penyajian hasil juga sangat penting agar mudah dipahami oleh pihak yang mengambil keputusan. Tampilan data dalam bentuk *dashboard* interaktif dapat membantu pengguna melihat pola, tren, dan perkiraan kebutuhan darah dengan lebih jelas. Salah satu aplikasi yang sering digunakan untuk membuat *dashboard* adalah Tableau karena mampu menyajikan data dalam bentuk visual yang menarik dan mudah dimengerti. Jika hasil prediksi dari LSTM digabungkan dengan *dashboard* Tableau, maka dapat terbentuk sistem pendukung keputusan yang lebih lengkap bagi manajemen PMI. Dengan sistem ini, keputusan dapat dibuat berdasarkan data yang jelas dan terukur.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat diketahui bahwa pengelolaan persediaan darah memerlukan metode prediksi yang mampu mengikuti perubahan pola permintaan dari waktu ke waktu. Penelitian terdahulu umumnya masih menggunakan metode statistik seperti *Simple Moving Average*, *Least Square*, dan *Triple Exponential Smoothing*, sedangkan penerapan algoritma *Long Short-Term Memory* (LSTM) pada prediksi permintaan darah di tingkat PMI kabupaten masih relatif terbatas. Selain itu, sebagian besar penelitian hanya berfokus pada pembangunan model prediksi tanpa menyajikan hasilnya dalam bentuk dashboard interaktif yang dapat digunakan sebagai pendukung pengambilan keputusan. Oleh karena itu, penelitian ini mengimplementasikan algoritma LSTM untuk memprediksi permintaan darah berdasarkan data historis PMI Kabupaten Temanggung, kemudian mengintegrasikan hasil prediksi tersebut ke dalam dashboard Tableau agar informasi yang dihasilkan lebih mudah dipahami serta dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam perencanaan kebutuhan darah.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana membangun model prediksi permintaan darah menggunakan algoritma LSTM berdasarkan data histori PMI Kabupaten Temanggung?
2. Bagaimana mengevaluasi performa model LSTM menggunakan metrik Root Mean Squared Error (RMSE)?

3. Bagaimana mengintegrasikan hasil prediksi ke dalam dashboard Tableau sebagai media visualisasi pendukung pengambilan keputusan?

1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian ini menggunakan data historis permintaan darah PMI Kabupaten Temanggung dalam periode lima tahun terakhir (2021-2025).
2. Penelitian ini berfokus pada empat golongan darah.
3. Penelitian ini hanya menerapkan algoritma LSTM dan tidak melakukan perbandingan dengan metode prediksi lainnya.
4. Visualisasi hasil prediksi dan data historis dikembangkan menggunakan Tableau dalam bentuk dashboard interaktif, yang dibuat hanya digunakan sebagai media penyajian informasi dan pendukung pengambilan keputusan, bukan sebagai sistem pengelolaan stok darah secara langsung.
5. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Python dengan *tools* visualisasi menggunakan Tableau.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Membangun model prediksi permintaan darah menggunakan algoritma LSTM berdasarkan data histori PMI Kabupaten Temanggung.
2. Mengevaluasi performa model LSTM menggunakan metrik Root Mean Squared Error (RMSE).

3. Mengintegrasikan hasil prediksi ke dalam dashboard Tableau sebagai media informasi pendukung pengambilan keputusan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat secara teoritis, praktis bagi instansi maupun bagi masyarakat luas.

1. Manfaat Teoritis: penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan referensi ilmiah dalam bidang data science, khususnya terkait penerapan metode *Deep Learning* untuk prediksi data deret waktu. Implementasi algoritma *Long Short-Term Memory* (LSTM) dalam memprediksi permintaan darah dapat menjadi bahan kajian akademik serta referensi bagi penelitian selanjutnya yang ingin mengembangkan atau membandingkan metode prediksi pada bidang kesehatan. Selain itu, penelitian ini juga dapat memperkaya literatur mengenai pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan dalam sistem manajemen persediaan darah.
2. Manfaat Praktis bagi Instansi: penelitian ini diharapkan dapat membantu Palang Merah Indonesia Kabupaten Temanggung dalam memperkirakan permintaan darah berdasarkan data historis yang tersedia. Dengan adanya sistem prediksi berbasis LSTM yang terintegrasi dengan *dashboard* visualisasi menggunakan Tableau, pihak manajemen dapat memantau tren permintaan dan kondisi persediaan darah secara lebih mudah dan cepat. Hal ini diharapkan dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam

pengelolaan stok darah, sehingga dapat mengurangi risiko terjadinya kekurangan maupun kelebihan persediaan.

3. Manfaat praktis bagi masyarakat luas: penelitian ini diharapkan dapat memberikan dampak positif melalui peningkatan kualitas layanan transfusi darah. Dengan prediksi yang ada, diharapkan ketersediaan darah dapat terjaga dengan lebih baik sehingga kebutuhan pasien dapat terpenuhi secara tepat waktu. Kondisi ini diharapkan dapat meningkatkan kepercayaan masyarakat terhadap layanan kesehatan serta mendukung terciptanya sistem pelayanan yang lebih responsif, efektif, dan berbasis teknologi.

