

BAB I

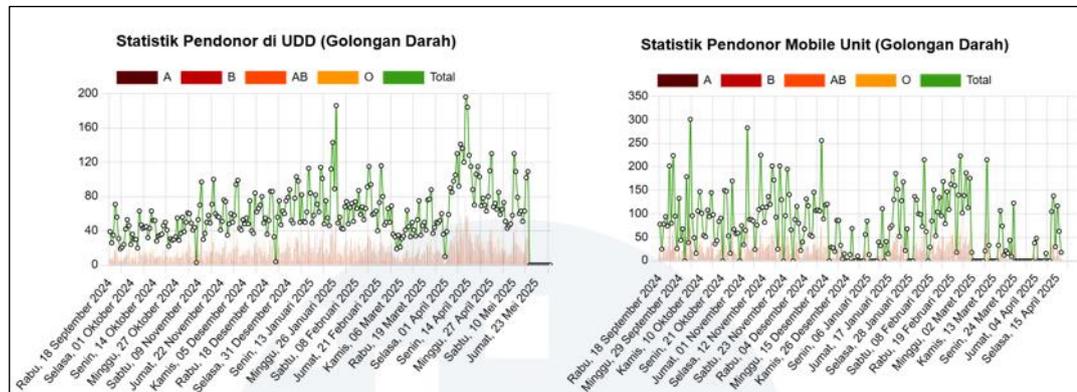
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk terbesar keempat di dunia, dengan populasi yang terus meningkat setiap tahunnya. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2024 mencapai lebih dari 281 juta jiwa [1]. Sebagai negara dengan populasi yang besar, kebutuhan akan pelayanan kesehatan juga meningkat secara signifikan. Salah satu aspek penting dalam sistem kesehatan adalah ketersediaan darah untuk mendukung berbagai prosedur medis. Darah adalah kombinasi plasma dan sel-sel yang beredar di seluruh tubuh dan merupakan komponen esensial dalam tubuh makhluk hidup. Darah berfungsi untuk mengangkut oksigen dan nutrisi ke sel-sel, serta mengeluarkan karbondioksida dan limbah metabolik. Selain itu, darah juga berperan dalam sistem kekebalan tubuh dan pengaturan suhu tubuh. Dalam konteks medis, transfusi darah seringkali diperlukan untuk menyelamatkan nyawa pasien yang mengalami kehilangan darah akibat cedera operasi ataupun penyakit tertentu. Kebutuhan akan darah yang selalu ada tersebut, menjadikan pengelolaan stok darah sebagai aspek yang krusial. Di Indonesia, Palang Merah Indonesia (PMI) melalui Unit Transfusi Darah (UTD) bertanggung jawab dalam pengumpulan, penyimpanan, dan distribusi darah.

Namun, pemenuhan kebutuhan darah di Indonesia masih menjadi tantangan besar. Stok darah yang tersedia di Unit Donor Darah Palang Merah Indonesia (PMI) saat ini baru mencapai 91 ribu kantong per tahun. Jumlah ini jauh dari angka ideal sebesar 7 juta kantong per tahun, yang setara dengan 2,5% dari total populasi [2]. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya upaya lebih besar dalam meningkatkan ketersediaan darah di Indonesia. Standar dari *World Health Organization* (WHO) juga merekomendasikan kebutuhan minimal darah sebesar 2% dari jumlah penduduk, yaitu sekitar 5,1 juta kantong per tahun [3]. Namun, Indonesia masih menghadapi tantangan dalam meningkatkan kesadaran masyarakat untuk mendonorkan darah secara rutin. Hal tersebut dapat dilihat

melalui data statistik pendonor darah dalam kurun waktu kurang lebih delapan bulan terakhir, seperti yang terlihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Statistik Pendonor Darah Bulan September - Oktober 2024 [4]

Tantangan yang dihadapi dalam pengelolaan persediaan darah yang seringkali ditemui adalah adanya fluktuasi permintaan dan keterbatasan pendonor. Fluktuasi permintaan darah seringkali sulit untuk diprediksi, sehingga tak jarang menyebabkan ketidakseimbangan antara kebutuhan dan stok darah yang tersedia [5]. Selain itu, keterbatasan jumlah pendonor yang tidak konsisten menjadi hambatan dalam menjaga kestabilan persediaan. Tantangan lainnya adalah menjaga kualitas dan keamanan darah, yang memerlukan proses pengujian dan penyimpanan sesuai standar ketat untuk memastikan darah yang didistribusikan aman bagi penerima transfusi [6]. Semua faktor ini menunjukkan betapa kompleksnya proses pengelolaan persediaan darah yang memerlukan upaya berkelanjutan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem yang ada. Selama ini pencatatan stok darah oleh UTD PMI Kabupaten Tangerang dilakukan berdasarkan data permintaan ataupun ketersediaan darah secara *real-time* melalui aplikasi Sidoni (Sistem Informasi Donor Darah Indonesia). Meskipun sistem tersebut telah membantu meningkatkan efisiensi pengelolaan stok darah dengan menyediakan informasi secara *real-time*, Sidoni memiliki keterbatasan signifikan karena hanya bersifat reaktif—merespons permintaan yang muncul tanpa kemampuan prediktif untuk mempersiapkan kebutuhan masa depan. Pendekatan reaktif ini meningkatkan risiko operasional seperti keterlambatan pemenuhan permintaan darurat dan inefisiensi pengelolaan sumber daya.

Machine learning dapat menjadi solusi dalam menangani keterbatasan pengelolaan stok darah karena kemampuannya dalam membangun model prediktif yang dapat menangkap pola kompleks dalam data historis yang sulit diidentifikasi secara manual [7]. Penelitian terdahulu telah menunjukkan efektivitas algoritma *machine learning* dalam berbagai aplikasi prediktif [8]. Dalam penelitian ini, algoritma Random Forest dan Gradient Boosting dibandingkan untuk mengevaluasi performa masing-masing dalam memprediksi jumlah permintaan darah. *Random Forest* bekerja dengan membangun sejumlah besar pohon keputusan dari sampel acak data dan menggabungkan hasilnya untuk meningkatkan akurasi prediksi. Algoritma ini dikenal andal dalam mengurangi risiko *overfitting* dan menangani data dengan atribut kompleks atau tidak relevan [9]. Sementara itu, *Gradient Boosting* membangun model secara iteratif, di mana setiap model baru berfungsi untuk mengoreksi kesalahan dari model sebelumnya, menghasilkan prediksi yang lebih akurat, terutama untuk dataset yang kompleks [10]. Meski penelitian sebelumnya telah membuktikan efektivitas kedua algoritma tersebut dalam aplikasi prediksi medis yang berbeda [11], [12], [13], belum ada studi yang membandingkan kinerja kedua algoritma tersebut dengan model hybrid secara khusus untuk mengantisipasi permintaan darah dalam konteks Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memprediksi permintaan darah dengan membandingkan pendekatan acak, Gradien Booting, dan Hybrid, bagaimana cara yang paling efektif mengelola pasokan darah berdasarkan model sebelumnya untuk menjawab kebutuhan layanan darah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, adapun rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Algoritma manakah di antara Random Forest, Gradient Boosting, dan Hybrid Random Forest-Gradient Boosting yang menghasilkan Mean Absolute Error (MAE) terendah dalam memprediksi permintaan darah harian di UTD PMI Kabupaten Tangerang?
2. Bagaimana menyediakan informasi prediksi permintaan darah yang dapat mengoptimalkan persediaan stok darah?

1.3 Batasan Masalah

Terdapat beberapa batasan yang ditetapkan supaya penelitian tetap fokus pada permasalahan yang ingin diteliti:

1. Penelitian ini hanya akan fokus pada permintaan darah yang tercatat di UTD PMI Kabupaten Tangerang selama periode 2021 - 2024 yang diekstraksi pada Desember 2024.
2. Penelitian ini tidak akan membahas faktor-faktor eksternal seperti kondisi cuaca atau kejadian luar biasa (bencana alam, wabah penyakit) yang dapat memengaruhi permintaan darah secara signifikan di luar data historis yang tersedia.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang didapatkan berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan adalah:

1. Menganalisis dan membandingkan performa algoritma Random Forest, Gradient Boosting, dan Hybrid Random Forest-Gradient Boosting dalam memprediksi permintaan darah yang menghasilkan nilai MAE terendah.
2. Mengimplementasikan model prediksi permintaan darah guna mengoptimalkan persediaan stok darah.

1.4.2 Manfaat Penelitian

1.4.2.1 Manfaat Praktis

Adapun beberapa manfaat praktis yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil prediksi dari model Random Forest, Gradient Boosting, dan hybrid Random Forest-Gradient Boosting memungkinkan UTD PMI Kabupaten Tangerang untuk mempersiapkan stok darah secara lebih efisien dan mengurangi risiko kekurangan atau kelebihan darah.
2. Dengan prediksi yang lebih akurat, UTD PMI dapat memastikan ketersediaan darah sesuai kebutuhan, sehingga pelayanan kesehatan bagi pasien dapat ditingkatkan.

1.4.2.2 Manfaat Teoritis

Adapun beberapa manfaat teoritis yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi pada literatur ilmiah terkait penggunaan algoritma Random Forest, Gradient Boosting, dan hybrid Random Forest-Gradient Boosting dalam konteks prediksi permintaan darah, khususnya di konteks UTD PMI.
2. Menjadi dasar untuk pengembangan model prediksi yang mempertimbangkan faktor eksternal, seperti bencana alam atau wabah penyakit, untuk memperluas cakupan aplikasi.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab I penelitian membahas latar belakang permasalahan mengenai pentingnya prediksi permintaan darah dalam pengelolaan stok UTD PMI Kabupaten Tangerang. Selain itu, dijabarkan rumusan masalah yang menjadi fokus penelitian, batasan penelitian yang diterapkan untuk menjaga ruang lingkup penelitian tetap relevan, serta tujuan dan manfaat penelitian, baik dari segi praktis maupun teoritis.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab II penelitian, berisikan kajian literatur terkait stok darah, UTD PMI, donor darah, metrik evaluasi, *framework*, dan *tools* yang digunakan dalam penelitian. Kajian literatur tersebut disajikan dengan teori-teori yang berasal dari artikel jurnal terdahulu sebagai pemahaman dasar.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab III penelitian, berisikan alur penelitian sesuai dengan *framework* CRISP-DM. Dataset yang digunakan melalui tahapan eksplorasi dan *pre-processing* sebelum digunakan dalam pemodelan. Algoritma Random Forest, Gradient Boosting, dan Hybrid Random Forest-Gradient Boosting diterapkan untuk membangun model prediksi, dengan evaluasi menggunakan metrik MAE, RMSE, dan R^2 . Hasil akhir penelitian ini diimplementasikan dalam

bentuk *dashboard* menggunakan Streamlit, sehingga dapat digunakan untuk mendukung pengelolaan stok darah secara lebih akurat dan efisien.

BAB IV ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN

Pada bab IV penelitian, berisikan hasil implementasi dan analisis hasil penelitian. Pembahasan dibagi sesuai dengan tahapan yang ada pada CRISP-DM. Diawali dengan *business understanding* yang menjelaskan mengenai permasalahan singkat pada perusahaan, lalu masuk ke *data understanding* yang mencakup visualisasi tren yang dimiliki oleh dataset, *data preparation* yang meliputi *feature engineering*, *data splitting*, *feature selection*. Kemudian terdapat *modeling* yang menerapkan implementasi algoritma Random Forest, Gradient Boosting, dan Hybrid dengan *hyperparameter tuning* untuk meningkatkan performa model. Bagian ini juga memuat hasil evaluasi menggunakan MSE, RMSE, MAE, MAPE, dan R^2 . Baru kemudian dilakukan perhitungan *forecast* untuk dilakukan prediksi dengan menggunakan data yang berbeda.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

Bab V menyajikan kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan saran yang diajukan untuk penelitian mendatang berdasarkan *limitations* ataupun kendala yang dihadapi selama masa penelitian.