

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penyakit darah merupakan salah satu masalah kesehatan yang banyak dijumpai di masyarakat dan dapat memengaruhi kualitas hidup secara signifikan. Berbagai kondisi seperti anemia, polisitemia, gangguan leukosit, hingga kelainan trombosit masih sering terjadi dan membutuhkan penanganan dini agar tidak berkembang menjadi kondisi yang lebih serius[1], [2]. Pemeriksaan hematologi melalui Complete Blood Count (CBC) menjadi metode utama dalam mendeteksi abnormalitas darah, karena menyediakan informasi penting seperti kadar hemoglobin (Hb), hematokrit (Hct), jumlah eritrosit, indeks eritrosit (MCV, MCH, MCHC), lebar distribusi sel (RDW), jumlah leukosit, diferensiasi leukosit (neutrofil, limfosit, eosinofil, basofil, monosit), serta jumlah dan karakteristik trombosit[3]. Parameter-parameter ini sangat relevan untuk mengidentifikasi berbagai penyakit darah seperti anemia defisiensi besi, anemia makrositik, trombositopenia, trombositosis, leukositosis, leukopenia, eosinofilia, hingga infeksi atau inflamasi akut[2].

Rumah Sakit Royal Prima Medan merupakan salah satu rumah sakit rujukan di Kota Medan dengan fasilitas laboratorium yang lengkap dan jumlah pasien yang cukup besar, sehingga menyediakan data hematologi yang representatif untuk analisis berbasis machine learning[4], [5]. Pemilihan rumah sakit ini juga didasarkan pada hubungan akademik dan geografis dengan Universitas Prima Indonesia (UNPRI), tempat penelitian ini dilakukan. Kedekatan institusional tersebut mendukung kelancaran pengumpulan data, verifikasi teknis, serta kolaborasi dengan tenaga medis yang relevan. Selain itu, keragaman latar belakang pasien di RS Royal Prima Medan memberikan nilai tambah dalam membangun model diagnostik yang lebih general dan reflektif terhadap kondisi kesehatan masyarakat lokal[4], [6], [7].

Sejumlah penelitian sebelumnya telah mencoba melakukan klasifikasi penyakit darah dengan berbagai pendekatan machine learning, tetapi sebagian besar masih mengandalkan algoritma konvensional seperti Random Forest, SVM, dan Naive Bayes. Penelitian Hasan et al. menunjukkan Random Forest mampu mendeteksi anemia dengan akurasi tinggi, tetapi belum dapat menangkap hubungan antar-fitur secara mendalam karena tidak memanfaatkan arsitektur *attention* modern[8]. Penelitian lain oleh Siregar & Napitupulu hanya fokus pada satu jenis kelainan, yaitu anemia, sehingga ruang lingkup klasifikasi masih terbatas[9]. Bahkan pendekatan deep learning yang digunakan Patel et al. masih bertumpu pada MLP sederhana, yang cenderung menurun performanya pada data tidak seimbang dan tidak mampu memahami interaksi kompleks antar parameter CBC[10].

Selain itu, beberapa studi seperti yang dilakukan Dewi & Putra sangat bergantung pada rekayasa fitur yang rumit, yang berpotensi meningkatkan bias dan menyulitkan penerapannya dalam praktik[11].

Melihat keterbatasan tersebut, penelitian ini menawarkan pendekatan yang lebih baru dan relevan secara klinis dengan mengimplementasikan FT-Transformer, sebuah model transformer yang dirancang khusus untuk data tabular dan masih jarang diterapkan pada domain hematologi[12]. FT-Transformer memanfaatkan mekanisme *self-attention* untuk menganalisis relasi antar parameter darah, seperti hubungan antara Hb dengan MCV untuk mendeteksi jenis anemia, atau keterkaitan antara PLT dan MPV untuk mengidentifikasi kelainan trombosit[12]–[14]. Penggunaan model ini memungkinkan klasifikasi multipenyakit hingga delapan kategori umum dengan preprocessing yang minimalis tanpa rekayasa fitur berlebih, sehingga lebih efisien dan lebih mendekati alur kerja klinis sesungguhnya[10], [11], [15]. Dengan demikian, penelitian ini dapat memberikan kontribusi baru dalam pengembangan sistem pendukung keputusan medis dengan mengimplementasi FT-Transformer untuk klasifikasi penyakit darah berdasarkan parameter hematologi menggunakan data CBC dari rumah sakit Royal Prima Medan.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini berangkat dari kebutuhan untuk mengoptimalkan analisis data laboratorium hematologi melalui pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan[16]–[21]. Tantangan utama muncul dari kompleksitas hubungan antarparameter darah serta kebutuhan tenaga medis akan hasil analisis yang cepat dan minim kesalahan. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dirumuskan untuk menjawab bagaimana data hematologi dari RS Royal Prima Medan dapat dimanfaatkan secara efektif untuk membangun model klasifikasi penyakit darah menggunakan FT-Transformer, serta sejauh mana model tersebut mampu meningkatkan akurasi prediksi dan mengurangi tingkat kesalahan analisis. Selain itu, penelitian ini juga berupaya untuk mengidentifikasi kemampuan FT-Transformer dalam mengatasi keterbatasan metode tradisional dan menilai potensinya sebagai sistem pendukung keputusan dalam praktik klinis.

1.3. Tujuan Penelitian

Sejalan dengan permasalahan yang telah dirumuskan, penelitian ini memiliki tujuan yang akan dicapai sebagai berikut:

1. Mengembangkan model klasifikasi penyakit darah berbasis data laboratorium hematologi menggunakan arsitektur FT-Transformer sebagai metode utama.

2. Memanfaatkan data hematologi secara sistematis untuk mengidentifikasi pola yang berkaitan dengan anemia, kelainan trombosit, dan gangguan leukosit.
3. Membangun dan melatih model prediksi yang mampu menangani kombinasi fitur numerik dan kategorikal secara efektif.
4. Mengevaluasi kinerja model menggunakan metrik yang relevan, meliputi akurasi, sensitivitas, spesifisitas, F1-score, dan AUC.
5. Menghasilkan prototipe sistem pendukung diagnosa yang dapat membantu tenaga medis dalam mempercepat interpretasi hasil laboratorium.
6. Meningkatkan efisiensi dan kualitas pelayanan kesehatan melalui pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan berbasis data hematologi.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mendukung proses analisis hasil laboratorium hematologi agar lebih cepat, konsisten, dan akurat menggunakan model FT-Transformer.
2. Membantu tenaga medis dalam meningkatkan ketepatan diagnosa awal penyakit darah sehingga risiko kesalahan interpretasi dapat diminimalkan.
3. Memberikan nilai tambah bagi RS Royal Prima Medan melalui pemanfaatan data klinis yang lebih optimal dan berpotensi diterapkan dalam sistem pendukung keputusan.
4. Memperkaya literatur penelitian terkait pemanfaatan model attention-based pada data tabular khususnya di bidang kesehatan.
5. Menjadi dasar pengembangan sistem analisis berbantuan AI di masa depan yang dapat meningkatkan kualitas layanan kesehatan masyarakat.

1.5. Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada penggunaan data laboratorium hematologi pasien RS Royal Prima Medan tanpa melibatkan informasi penunjang seperti riwayat medis, hasil radiologi, atau pemeriksaan biokimia. Fokus klasifikasi hanya pada penyakit darah yang dapat dikenali melalui parameter Complete Blood Count (CBC), khususnya delapan kondisi yang paling banyak ditemukan di masyarakat, yaitu anemia defisiensi besi, anemia megaloblastik, anemia hemolitik, trombositopenia, trombositopenia imun (ITP), leukositosis, leukopenia, dan thalassemia. Selain itu, penelitian juga mencakup beberapa variasi abnormalitas hematologi lain yang relevan dengan data CBC, seperti anemia normositik, anemia makrositik, trombositosis, limfositosis, neutrofilia, neutropenia,

polisitemia, eosinofilia, basofilia, serta indikasi infeksi atau inflamasi yang tercermin melalui perubahan profil sel darah. Model prediksi yang digunakan berpusat pada FTTransformer dan tidak membahas secara mendalam model pembandingan selain baseline sederhana. Tahapan preprocessing dibatasi hanya pada penanganan nilai kosong, normalisasi, serta encoding fitur sesuai kebutuhan model. Evaluasi kinerja dilakukan sepenuhnya secara komputasional tanpa melibatkan validasi klinis oleh dokter spesialis hematologi. Sistem yang dibangun masih berada pada tahap prototipe sehingga belum diintegrasikan secara penuh dengan infrastruktur rumah sakit.

1.6. Keterbaruan

Penelitian ini dikembangkan dengan mempertimbangkan sejumlah keterbatasan pada studi-studi sebelumnya serta menawarkan pendekatan yang lebih modern dan komprehensif dalam klasifikasi penyakit darah meliputi:

1. Penelitian terdahulu dalam klasifikasi penyakit darah umumnya memakai algoritma klasik seperti Random Forest, SVM, dan Naive Bayes. Hasan et al. melaporkan bahwa Random Forest memberikan akurasi tertinggi untuk deteksi anemia, tetapi belum memanfaatkan arsitektur berbasis attention yang mampu memodelkan hubungan antarparameter darah secara mendalam. Kebaruan penelitian ini adalah penerapan FTTransformer model transformer untuk data tabular yang masih jarang digunakan dalam analisis hematologi[8].
2. Banyak studi sebelumnya hanya fokus pada satu penyakit, misalnya anemia tertentu atau gangguan leukosit saja. Siregar & Napitupulu hanya mengklasifikasi anemia berdasarkan tingkat keparahan sehingga cakupan klinisnya terbatas. Kebaruan penelitian ini adalah penggunaan multi-class classification untuk delapan penyakit darah yang lebih umum ditemukan di masyarakat[9].
3. Dalam bidang deep learning, model yang digunakan pada penelitian terdahulu umumnya berupa MLP sederhana. Patel et al. menunjukkan bahwa MLP kurang efektif pada data tidak seimbang dan gagal menangkap interaksi mendalam antar-fitur CBC. Kebaruan penelitian ini adalah pemanfaatan mekanisme self-attention FT-Transformer yang mampu memahami relasi antar atribut hematologi secara lebih komprehensif[10].
4. Banyak penelitian hematologi sebelumnya mengandalkan feature engineering rumit seperti rasio indeks darah dan fitur turunan. Dewi & Putra menunjukkan peningkatan akurasi SVM dengan fitur turunan, tetapi menambah kompleksitas dan potensi bias. Kebaruan penelitian ini adalah pendekatan preprocessing minimalis karena FTTransformer optimal pada data tabular mentah[11].
5. Dataset pada penelitian terdahulu umumnya menggunakan dataset publik atau data dari rumah sakit besar, sehingga belum merepresentasikan populasi lokal Medan. Belum

ada penelitian yang menggunakan data hematologi RS Royal Prima Medan. Kebaruan penelitian ini adalah pemanfaatan dataset lokal untuk membangun model FTTransformer berbasis karakteristik pasien daerah Medan.