

Prediksi Penderita Penyakit Anemia Berdasarkan Konsentrasi Hemoglobin Dengan Algoritma Artificial Neural Network (ANN)

¹Maya Sofhia, ²Putri Rahmadhani Br Tarigan, ³Eldita Haggai Sihombing, ⁴Yohana Tampubolon, ⁵Devi Kenes Andari Br Ginting

^{3,4,5}Teknik Informatika, Sains dan Ilmu Teknologi, Universitas Prima Indonesia, Medan, Indonesia

*Korespondensi: mayasofhia@unprimdn.ac.id

Submit : 13 Mei 2026 | Diterima : 06 Jun 2026 | Terbit : 19 Jun 2026

ABSTRACT

Anemia is a global health problem characterized by low hemoglobin levels in the blood, which reduces the blood's capacity to transport oxygen throughout the body. If not detected at an early stage, this condition may lead to decreased quality of life and productivity. Therefore, an accurate prediction method is needed to support the early detection of anemia. This study aims to develop a predictive model for anemia status using hemoglobin concentration as the primary variable through an Artificial Neural Network (ANN) algorithm. The dataset consists of 1,421 samples containing several blood examination parameters obtained from the Kaggle platform (Anemia Dataset). The dataset attributes include hemoglobin (Hb), Mean Corpuscular Hemoglobin (MCH), Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration (MCHC), Mean Corpuscular Volume (MCV), gender, and anemia status. In this study, hemoglobin level is used as the primary indicator, while the other blood parameters are utilized as supporting variables to improve the predictive accuracy of the model. The research stages include data preprocessing, Min-Max normalization, splitting the dataset into training data (80%) and testing data (20%), ANN model training, and performance evaluation using classification metrics. Based on the comparative testing results, the ANN model achieved a perfect accuracy of 100% in the model comparison experiment. A detailed evaluation of the ANN architecture using 100 epochs with ReLU and Sigmoid activation functions resulted in an accuracy of 99.3%, precision of 98.46%, recall of 100%, and an F1-score of 99.22%. The recall value of 1.0 indicates that all anemia cases were successfully identified without any False Negative errors. Therefore, the developed model is expected to serve as an initial decision-support tool for healthcare professionals in the early screening of anemia.

Keywords: Anemia, Hemoglobin, Hematology, Artificial Neural Network, Machine Learning, Decision Support System.

ABSTRAK

Anemia merupakan salah satu masalah kesehatan global yang ditandai dengan rendahnya kadar hemoglobin dalam darah, sehingga mengurangi kemampuan darah dalam mengangkut oksigen ke seluruh tubuh. Kondisi ini dapat berdampak pada penurunan kualitas hidup dan produktivitas apabila tidak terdeteksi sejak dini. Oleh karena itu, diperlukan metode prediksi yang akurat untuk membantu proses deteksi awal anemia. Penelitian ini bertujuan untuk membangun model prediksi status anemia dengan konsentrasi hemoglobin sebagai variabel utama menggunakan algoritma *Artificial Neural Network (ANN)*. Dataset yang digunakan terdiri dari 1.421 data sampel dengan beberapa parameter pemeriksaan darah yang diperoleh dari platform Kaggle (Anemia Dataset). Atribut dataset meliputi kadar hemoglobin (Hb), Mean Corpuscular Hemoglobin (MCH), Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration (MCHC), Mean Corpuscular Volume (MCV), gender, serta status anemia. Dalam penelitian ini, kadar hemoglobin digunakan sebagai indikator utama, sedangkan parameter darah lainnya dimanfaatkan sebagai variabel pendukung untuk meningkatkan akurasi model prediksi. Tahapan penelitian meliputi pra-pemrosesan data, normalisasi Min-Max, pembagian data menjadi data latih (80%) dan data uji (20%), pelatihan model ANN, serta evaluasi kinerja menggunakan metrik klasifikasi. Berdasarkan hasil pengujian perbandingan, model ANN berhasil mendeteksi status anemia dengan tingkat akurasi sempurna 100% pada pengujian perbandingan model. Evaluasi detail arsitektur ANN (100 epoch, ReLU,

Sigmoid) menghasilkan nilai akurasi sebesar 99,3%, presisi 98,46%, *recall* 100%, dan *F1-score* 99,22%. Nilai *recall* sebesar 1,0 menunjukkan bahwa seluruh kasus anemia berhasil teridentifikasi tanpa adanya kesalahan False Negative. Dengan demikian, model yang dihasilkan diharapkan dapat digunakan sebagai alat bantu sistem pendukung keputusan awal bagi tenaga medis dalam proses skrining dini anemia.

Kata Kunci : Anemia, Hemoglobin, Hematologi, *Artificial Neural Network*, *Machine Learning*, Sistem Pendukung Keputusan.

PENDAHULUAN

Anemia masih menjadi salah satu permasalahan kesehatan publik yang banyak ditemukan di berbagai wilayah, termasuk Indonesia. Kondisi ini terjadi ketika kadar hemoglobin dalam darah lebih rendah dari batas normal, yang mengakibatkan proses penyebaran oksigen ke jaringan dan organ tubuh menjadi terhambat. Apabila anemia tidak diobati segera, kondisi ini dapat menyebabkan keluhan fisik seperti kelelahan, pusing, dan lemah. Selain itu, anemia juga dapat menurunkan tingkat konsentrasi, serta berdampak buruk pada penurunan produktivitas dan kualitas hidup seseorang secara keseluruhan.

Secara klinis, konsentrasi hemoglobin merupakan indikator utama dalam penentuan status anemia. *World Health Organization (WHO)* telah menetapkan klasifikasi anemia berdasarkan nilai hemoglobin yang disesuaikan dengan faktor usia serta jenis kelamin. Oleh sebab itu, pemeriksaan kadar hemoglobin menjadi prosedur standar dan paling umum digunakan dalam proses skrining dan diagnosis anemia di fasilitas pelayanan kesehatan. Meskipun demikian, dalam praktik medis modern, kondisi anemia sering kali dianalisis bersama dengan beberapa parameter darah lain seperti *Mean Corpuscular Volume (MCV)*, *Mean Corpuscular Hemoglobin (MCH)*, dan *Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration (MCHC)*. Parameter-parameter hematologi tersebut memberikan informasi tambahan mengenai karakteristik fisik sel darah merah dan digunakan sebagai indikator pendukung untuk membantu memahami jenis serta pola anemia yang dialami pasien. Faktor gender juga memengaruhi nilai ambang batas (*threshold*) hemoglobin normal, sehingga sangat relevan untuk dipertimbangkan dalam analisis data anemia.

Seiring dengan meningkatnya ketersediaan data medis dalam jumlah besar, analisis anemia secara manual atau menggunakan pendekatan statistik konvensional menjadi kurang optimal dalam menangkap hubungan kompleks dan non-linear antar parameter darah. Oleh sebab itu, diperlukan pendekatan komputasi berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) yang mampu mempelajari pola data secara adaptif. *Artificial Neural Network (ANN)* merupakan salah satu metode kecerdasan buatan yang banyak digunakan dalam bidang kesehatan karena kemampuannya yang unggul dalam mengenali pola non-linear dan hubungan kompleks pada data medis. Namun, sebagian besar penelitian sebelumnya hanya menerapkan ANN secara langsung tanpa menegaskan peran variabel utama atau melakukan perbandingan dengan metode klasifikasi lain, sehingga kontribusi ilmiahnya menjadi terbatas.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini difokuskan pada prediksi status anemia dengan menetapkan konsentrasi hemoglobin sebagai variabel utama, sementara parameter darah lain digunakan sebagai variabel pendukung. Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada penegasan peran dominan hemoglobin, evaluasi kinerja ANN melalui perbandingan dengan beberapa metode klasifikasi lain—yaitu *Logistic Regression*, *K-Nearest Neighbor (KNN)*, dan *Decision Tree*—serta analisis performa model secara komprehensif menggunakan metrik *confusion matrix*, akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score*. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi akademik sekaligus menjadi dasar pengembangan sistem pendukung keputusan awal (*early decision support system*) dalam deteksi dini penyakit anemia.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk ke dalam jenis penelitian kuantitatif, karena menggunakan data yang berbentuk angka dan diolah menggunakan perhitungan serta metode komputasi tertentu. Pendekatan ini dilakukan dengan cara membangun sebuah model prediksi berbasis algoritma *Machine Learning* untuk menganalisis hubungan antara nilai-nilai pemeriksaan hematologi dengan kondisi anemia seseorang. Model utama yang dikembangkan menggunakan algoritma *Artificial Neural Network (ANN)*, yang kemudian dilatih dan diuji menggunakan dataset anemia yang telah disiapkan.

ANN dipilih karena algoritma ini memiliki kemampuan adaptif untuk belajar dari data (learning from data). Cara kerjanya terinspirasi dari sistem saraf biologis manusia, di mana informasi diproses melalui beberapa lapisan neuron yang saling terhubung melalui bobot (*weights*). Selama proses pelatihan, model ANN akan menyesuaikan nilai bobotnya secara iteratif agar tingkat kesalahan (error) prediksi menjadi semakin kecil. Karakteristik ini membuat ANN sangat handal digunakan untuk data yang memiliki pola kompleks dan non-linear, seperti data pada bidang kesehatan yang sering kali sulit diselesaikan dengan perhitungan statistik linier sederhana.

Sumber Dataset

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari platform Kaggle, yaitu Anemia Dataset yang bersifat publik dan terlabeli. Total data yang digunakan berjumlah 1.421 sampel pasien yang sesuai untuk permasalahan klasifikasi biner (*binary classification*). Sebagai dataset publik, data ini telah melalui proses anonimisasi sehingga tidak memuat identitas pribadi pasien, menjadikannya transparan dan dapat direplikasi oleh peneliti lain. Meskipun memiliki struktur yang jelas dan sampel yang memadai, penggunaan dataset publik ini memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan kondisi populasi spesifik secara lokal. Oleh karena itu, untuk penelitian berikutnya disarankan menggunakan data primer dari fasilitas kesehatan setempat seperti rumah sakit atau puskesmas guna meningkatkan validitas klinis di Indonesia.

Lokasi dan Waktu Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan penelitian komparatif dan pengembangan model ini berlangsung selama delapan bulan, terhitung sejak bulan September 2025 sampai dengan Mei 2026. Kegiatan penulisan dan eksperimen meliputi pengumpulan data konsentrasi hemoglobin, pra-pemrosesan data hematologi, pelatihan model ANN, pengujian performa algoritma pembandingan, serta evaluasi integrasi sistem prediksi berbasis data medis.

Aktivitas penelitian dilakukan secara daring dan luring menggunakan perangkat komputasi yang telah dikonfigurasi dengan software analisis data.

Struktur dan Atribut Dataset

Dataset ini terdiri atas 6 atribut yang mencakup karakteristik fisik dan parameter laboratorium darah pasien. Struktur lengkap dataset disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Struktur Atribut Dataset Anemia

No	Atribut	Tipe Data	Keterangan
1	Gender	Kategorikal	Jenis kelamin pasien
2	Hemoglobin	Numerik	Kadar hemoglobin dalam darah (g/dL)
3	MCH	Numerik	Mean Corpuscular Hemoglobin
4	MCHC	Numerik	Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration
5	MCV	Numerik	Mean Corpuscular Volume
6	Result	Biner	Status anemia (Target Keluaran)

Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini dibagi menjadi dua kategori utama berdasarkan fungsinya dalam permodelan, yaitu:

- *Variabel Input (X):*
- *Variabel Utama: Hemoglobin (Hb)*
- *Variabel Pendukung: Gender, MCH, MCHC, MCV*
- *Variabel Output (Y):*
- *Status Anemia (0 = Normal, 1 = Anemia)*

Pra-Pemrosesan Data

Sebelum data dimasukkan ke dalam model pembelajaran, dilakukan tahapan data preprocessing untuk menjamin kualitas data. Tahapan ini meliputi:

1. Pembersihan data (data cleaning) dan penghapusan data duplikat.
2. Penanganan data hilang (missing values).
3. Normalisasi data numerik menggunakan metode Min-Max Normalization untuk mengubah skala nilai atribut ke rentang 0 hingga 1, guna mempercepat proses konvergensi model.

4. Encoding label kelas pada atribut kategorika.

Metode Klasifikasi Pemandangan

Untuk mengevaluasi objektivitas dan performa algoritma ANN sebagai metode utama, penelitian ini mengimplementasikan tiga algoritma klasifikasi Machine Learning lain sebagai pembandingan, yaitu:

1. **Artificial Neural Network (ANN):** Metode utama yang digunakan karena keunggulannya dalam memetakan fungsi non-linear yang kompleks melalui jaringan saraf tiruan.
2. **Logistic Regression:** Digunakan sebagai baseline linier untuk mengevaluasi sejauh mana data dapat dipisahkan menggunakan fungsi logistik berbasis hubungan antar variabel.
3. **K-Nearest Neighbor (KNN):** Metode berbasis instans yang melakukan klasifikasi berdasarkan kalkulasi kedekatan jarak terhadap tetangga terdekat pada data latih.
4. **Decision Tree:** Metode klasifikasi berbasis struktur pohon keputusan untuk mengidentifikasi aturan penarikan kesimpulan pola data anemia.

Arsitektur Artificial Neural Network (ANN)

Model ANN yang dibangun dirancang dengan arsitektur multi-layer terarah (*Feedforward Neural Network*) yang terdiri dari Input Layer (menerima masukan dari 5 atribut variabel input), Hidden Layer (lapisan tersembunyi yang mengekstrak fitur menggunakan fungsi aktivasi *ReLU*), dan Output Layer (lapisan keluaran tunggal yang menghasilkan prediksi probabilitas biner menggunakan fungsi aktivasi Sigmoid). Proses optimasi bobot jaringan dikontrol menggunakan optimizer Adam.

Evaluasi Model

Kinerja dari setiap model diukur dan divalidasi secara kuantitatif menggunakan metrik evaluasi standar klasifikasi medis, yaitu:

- **Confusion Matrix:** Tabel kontingensi aktual vs prediksi.
- **Accuracy:** Rasio ketepatan prediksi terhadap keseluruhan data sampel.
- **Precision:** Tingkat ketepatan model dalam mengenali data positif anemia.
- **Recall (Sensitivitas):** Kemampuan menemukan seluruh data aktual menderita anemia.
- **F1-Score:** Nilai rata-rata harmonis penyeimbang precision dan recall J.

Diagram Alur Penelitian

Secara sistematis, alur pelaksanaan penelitian diilustrasikan secara berurutan mulai dari pengumpulan dataset anemia dari platform *Kaggle*, dilanjutkan dengan tahapan pra-pemrosesan data dan normalisasi skala data. Setelah data siap, dilakukan pembagian proporsi data (data splitting) untuk proses latih dan uji. Langkah berikutnya adalah pelatihan model-model klasifikasi (*ANN, Logistic Regression, KNN, Decision Tree*), dan diakhiri dengan tahapan evaluasi serta analisis komparatif performa akhir model.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian dan Pembagian Data

Dataset yang berjumlah 1.421 sampel data pemeriksaan darah pasien dipisahkan secara acak terkontrol dengan proporsi pembagian sebesar 80% untuk data pelatihan (Data Training) dan 20% untuk data pengujian (Data Testing). Komposisi pembagian data menghasilkan:

- **Data Training:** 1.136 sampel data (digunakan untuk melatih bobot model).
- **Data Testing:** 285 sampel data (digunakan untuk menguji performa generalisasi model).

Hasil Implementasi dan Perbandingan Algoritma

Eksperimen dilakukan dengan menguji keempat algoritma pada data uji (data testing) yang sama.

Hasil perbandingan nilai akurasi dari masing-masing metode disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Akurasi Algoritma Klasifikasi Status Anemia

No	Algoritma	Akurasi (%)
1	Logistic Regression	98,94 %
2	K-Nearest Neighbor (KNN)	96,14 %

No	Algoritma	Akurasi (%)
3	Decision Tree	100,00 %
4	Artificial Neural Network (ANN)	100,00 %

Berdasarkan Tabel II, terlihat jelas bahwa seluruh algoritma memiliki kinerja yang sangat baik dengan mencatatkan akurasi di atas 95%. Algoritma *Decision Tree* dan ANN sukses memperoleh tingkat akurasi tertinggi sebesar 100%. Hal ini mengindikasikan bahwa pola sebaran data status anemia dalam dataset ini dapat dipisahkan secara jelas oleh aturan pembagian *Decision Tree* maupun penyesuaian bobot ANN. *Logistic Regression* juga memperlihatkan performa yang stabil (98,94%) karena mampu menangani hubungan linier dominan dari variabel utama. Di sisi lain, KNN menghasilkan akurasi terendah (96,14%) karena performanya sangat sensitif terhadap kalkulasi jarak geometris serta persebaran kepadatan distribusi data. Meskipun Decision Tree menyamai akurasi ANN, secara konseptual algoritma ANN dinilai lebih unggul dan kokoh (*robust*) dalam menangani data medis riil yang memiliki hubungan non-linear kompleks. Tingginya nilai akurasi pada seluruh model ini membuktikan secara ilmiah bahwa parameter hematologi pilihan (*Hemoglobin, MCH, MCHC, dan MCV*) memiliki pengaruh dan korelasi yang sangat kuat terhadap penentuan status anemia seseorang.

Hasil Evaluasi Model ANN secara Detail

Model ANN dilatih secara intensif selama 100 epoch memanfaatkan konfigurasi fungsi aktivasi *ReLU* pada hidden layer, fungsi Sigmoid pada output layer, serta algoritma optimasi Adam. Hasil evaluasi performa internal model ANN menghasilkan pencapaian metrik sebagai berikut:

- Accuracy : 0.993 (99,3%)
- Precision : 0.9846 (98,46%)
- Recall : 1.0000 (100%)
- F1-Score : 0.9922 (99,22%)

1) Confusion Matrix ANN

Untuk menganalisis rincian hasil klasifikasi yang dilakukan oleh ANN, dibuat pemetaan matriks evaluasi berbasis Confusion Matrix sebagai berikut:

$$\text{Confusion Matrix} = \begin{bmatrix} 155 & 2 \\ 0 & 128 \end{bmatrix}$$

Interpretasi dari hasil Confusion Matrix di atas adalah:

- **True Negative (TN):** 155 data pasien non-anemia (normal) berhasil diklasifikasikan dengan benar oleh model.
- **True Positive (TP):** 128 data pasien anemia berhasil terdeteksi dengan benar oleh model.
- **False Positive (FP):** 2 data pasien normal salah diklasifikasikan sebagai menderita anemia.
- **False Negative (FN):** 0 data pasien anemia yang terlewat atau salah dideteksi sebagai normal.

Analisis Pembahasan

Melalui hasil eksperimen, integrasi parameter hematologi terbukti memberikan dampak signifikan pada akurasi klasifikasi. Hasil pengujian menunjukkan nilai akurasi yang sangat tinggi dari seluruh metode, yang menegaskan validitas parameter klinis yang digunakan. Keunggulan mutlak model ANN ditunjukkan oleh perolehan nilai *Recall* yang mencapai sempurna 1,0 (100%). Kehadiran nilai False Negative sebesar 0 mengonfirmasi bahwa model ANN tidak melewatkan satu pun pasien yang benar-benar menderita anemia. Dalam dunia medis, hal ini bernilai krusial karena kesalahan mendiagnosis pasien sakit sebagai pasien sehat (*False Negative*) dapat berakibat fatal pada terlambatnya penanganan medis. Dari aspek stabilitas pelatihan model, grafik performa akurasi menunjukkan tren peningkatan yang konsisten dan bertahap seiring bertambahnya epoch hingga mencapai titik konvergensi yang stabil. Karakteristik pergerakan ini menandakan proses pembelajaran (*learning process*) ANN berjalan secara optimal tanpa mengalami gejala penyesuaian berlebih (*overfitting*) yang signifikan.

Implikasi Penelitian

Hasil penelitian ini memberikan implikasi praktis dan teknologis yang kuat pada sektor kesehatan digital. Keberhasilan algoritma ANN dalam mengidentifikasi pola anemia membuktikan bahwa pendekatan *Machine Learning* layak diimplementasikan sebagai sistem pendukung keputusan klinis (*clinical decision support system*). Model komputasi ini berpotensi dikembangkan menjadi aplikasi berbasis web atau sistem informasi laboratorium medis terintegrasi yang mampu membantu tugas tenaga kesehatan dalam melakukan skrining awal (*screening*) pasien secara cepat, otomatis, dan efisien sebelum dilakukan pemeriksaan klinis lanjutan yang membutuhkan waktu lama.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, parameter hematologi standar laboratorium yang meliputi hemoglobin, *MCH*, *MCHC*, dan *MCV*, yang didukung oleh faktor gender, menunjukkan pengaruh dan tingkat signifikansi yang sangat tinggi dalam mendeteksi status anemia. Implementasi beberapa algoritma klasifikasi *Machine Learning*, yaitu *Logistic Regression*, *K-Nearest Neighbor (KNN)*, *Decision Tree*, dan *Artificial Neural Network (ANN)*, juga menunjukkan performa yang sangat baik dengan rata-rata akurasi pengujian di atas 95%. Di antara algoritma yang diuji, *Decision Tree* dan ANN memperoleh performa tertinggi dengan akurasi pengujian mencapai 100%, sementara pada evaluasi detail arsitektur internal, ANN mencatat akurasi sebesar 99,3%, presisi 98,46%, *recall* 100%, dan *F1-score* 99,22%; nilai *recall* sebesar 1,0 menunjukkan bahwa pada data pengujian tidak ditemukan kasus *False Negative*. Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan kecerdasan buatan berpotensi efektif dan adaptif sebagai instrumen pendukung keputusan awal dalam penentuan status anemia berdasarkan data laboratorium pemeriksaan darah. Meskipun demikian, penelitian selanjutnya perlu memperluas generalisasi model melalui penggunaan dataset yang lebih besar dan lebih beragam dari sisi karakteristik populasi, menerapkan teknik validasi silang seperti *K-Fold Cross-Validation* untuk menguji kestabilan performa sekaligus mengurangi potensi bias data, serta mengembangkan model prediktif tersebut menjadi produk teknologi digital yang lebih aplikatif, seperti sistem informasi kesehatan berbasis web atau aplikasi seluler, sehingga dapat dimanfaatkan untuk mendukung skrining dini anemia di masyarakat maupun pada fasilitas pelayanan kesehatan tingkat pertama.

REFERENSI

- Zhao, X., Zhang, Y., Liu, H., & Wang, L. (2022). Deep-learning-based hemoglobin concentration prediction and anemia screening using ultra-wide field fundus images.
- Appiahene, P., Amoako, J., & Owusu, E. (2023). Detection of iron deficiency anemia by medical images: A comparative study of machine learning algorithms.
- Dhakal, P., Shrestha, S., & Adhikari, R. (2023). Prediction of anemia using machine learning algorithms.
- Shehab, S. A., Hassan, M. A., & Ali, H. F. (2023). Anemia diagnosis and prediction based on machine learning.
- Saputra, D. C. E., Nugroho, A., & Wibowo, S. (2023). A new artificial intelligence approach using extreme learning machine for anemia diagnosis.
- Armando, A. (2023). Klasifikasi penyakit anemia menggunakan machine learning.
- Amalia, E., Rahman, A., & Putra, D. (2023). Penerapan algoritma transfer learning pada klasifikasi penyakit anemia berbasis citra.
- Dhengre, S., Patil, R., & Kulkarni, S. (2023). Machine learning driven anemia identification and classification: A comprehensive survey.
- Trigka, M., Papadopoulos, A., & Karagiannis, G. (2023). Multi-class classification approach for anemia level prediction with machine learning models.
- Amalia, E., Rahman, A., & Putra, D. (2023). Penerapan algoritma transfer learning pada klasifikasi penyakit anemia berbasis citra.
- Armando, A. (2023). Klasifikasi penyakit anemia menggunakan machine learning. Universitas Jember.
- Gupta, R., Sharma, P., & Singh, A. (2022). Comparative analysis of classification algorithms for anemia prediction. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*.
- Khan, M. A., & Alharbi, A. (2022). Machine learning approaches for anemia detection using clinical data.
- Patel, S., Desai, R., & Mehta, K. (2023). Predictive modeling of anemia using logistic regression

and decision tree techniques.

Rahman, M. M., Islam, M. R., & Hasan, M. K. (2023). A machine learning approach to detect anemia using blood test data.

Siregar, R., & Pratama, D. (2022). Implementasi algoritma K-Nearest Neighbor dalam klasifikasi penyakit anemia.

Wibowo, A., Santoso, H., & Nugraha, F. (2022). Perbandingan algoritma decision tree dan neural network untuk klasifikasi penyakit anemia.