

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Anemia merupakan salah satu permasalahan kesehatan global yang ditandai oleh penurunan kadar *hemoglobin* (Hb), *eritrosit*, dan *hematokrit*, sehingga kemampuan darah dalam mendistribusikan oksigen ke jaringan tubuh menjadi tidak optimal. Kondisi ini lebih banyak dialami oleh remaja putri, dengan kriteria diagnosis anemia ditetapkan apabila kadar Hb berada di bawah 12 g/dL (Lubis & Angraeni, 2022). Tingginya risiko anemia pada remaja putri dibandingkan remaja laki-laki dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain menstruasi yang terjadi setiap bulan, pola konsumsi makanan yang tidak seimbang, serta kebiasaan melakukan diet yang dapat menyebabkan defisiensi zat gizi penting seperti zat besi. Dampak anemia pada kelompok ini cukup serius, meliputi gangguan kesehatan reproduksi, keterlambatan perkembangan motorik dan mental, penurunan fungsi kognitif, rendahnya prestasi akademik, menurunnya tingkat kebugaran, serta terhambatnya pencapaian tinggi badan optimal (Aliyah & Krianto, 2023).

Secara global, prevalensi anemia pada remaja putri masih tergolong tinggi. Data *World Health Organization* (WHO, 2024) menunjukkan bahwa angka kejadian anemia di negara berkembang seperti Myanmar mencapai 59,1%, sementara di Malaysia sebesar 28,3%. Prevalensi tertinggi dilaporkan terjadi di India dengan persentase mencapai 78,75%, di mana kasus terbanyak ditemukan pada remaja putri. Di Indonesia, kondisi serupa juga menjadi perhatian serius. Berdasarkan data Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, prevalensi anemia pada remaja mencapai 32%, dengan proporsi remaja putri sebesar 27,2%, lebih tinggi dibandingkan remaja laki-laki yang tercatat sebesar 20,3% (Kemkes RI, 2024). Sementara itu, data Dinas Kesehatan Kabupaten Deli Serdang menunjukkan bahwa prevalensi anemia pada remaja putri di wilayah ini masih fluktuatif dari tahun ke tahun, yaitu sebesar 14,7% pada tahun 2023, 14,0% pada tahun 2024, dan 10,3% pada tahun 2025 (Dinkes Kab. Deli Serdang, 2025).

Sebagai upaya penanggulangan, pemerintah telah melaksanakan program pemberian Tablet Tambah Darah (TTD) bagi remaja putri yang difokuskan melalui institusi pendidikan. Program ini bertujuan meningkatkan status gizi serta mencegah stunting secara dini melalui peningkatan cadangan zat besi sebagai fondasi pembentukan generasi yang sehat dan produktif (Pradnyawati, 2024). Namun, efektivitas program tersebut masih sangat bergantung pada proses *skrining* anemia yang umumnya dilakukan melalui pemeriksaan darah invasif di laboratorium. Meskipun pemeriksaan ini mampu memberikan informasi terkait jumlah dan karakteristik sel darah merah (Amalia et al., 2023), prosesnya membutuhkan biaya, waktu, serta menimbulkan ketidaknyamanan, sehingga berdampak pada rendahnya partisipasi remaja putri dalam pemeriksaan rutin.

Permasalahan tersebut semakin diperparah oleh keterbatasan akses layanan kesehatan, khususnya di wilayah tertentu, sehingga diperlukan inovasi metode deteksi dini anemia yang lebih praktis dan mudah dijangkau. Pendekatan non-invasif melalui analisis citra konjungtiva mata menjadi alternatif yang lebih nyaman, cepat, dan terjangkau dibandingkan pemeriksaan laboratorium konvensional. Selain itu, metode ini berpotensi mengurangi hambatan masyarakat dalam memperoleh layanan kesehatan, terutama bagi kelompok dengan keterbatasan waktu dan sumber daya. Kondisi ini menegaskan pentingnya pengembangan sistem deteksi anemia secara dini dan non-invasif berbasis *real-time* sebagai langkah preventif serta pendukung program pemerintah, khususnya sebelum pemberian Tablet Tambah Darah (TTD).

Pelaksanaan *skrining* anemia pada remaja putri di sekolah hingga kini masih belum optimal dan belum mencakup seluruh sasaran. Hal ini dipengaruhi oleh keterbatasan sumber daya tenaga kesehatan, biaya pemeriksaan, serta waktu yang dibutuhkan untuk prosedur laboratorium. Sementara itu, upaya deteksi dini anemia sangat krusial guna mencegah konsekuensi jangka panjang terhadap kesehatan reproduksi, mutu sumber daya manusia, serta tingkat produktivitas generasi muda. Tanpa mekanisme skrining yang cepat dan mudah diakses, risiko anemia pada remaja putri dapat terus berkembang tanpa terdeteksi lebih awal. Dengan demikian, diperlukan suatu sistem deteksi yang bersifat non-invasif, praktis, efisien, dan

mampu menghasilkan keluaran secara real-time untuk mendukung skrining awal di lingkungan pendidikan maupun fasilitas kesehatan tingkat dasar.

Seiring dengan perkembangan teknologi, pendekatan deteksi non-invasif berbasis *Deep Learning* mulai banyak dikembangkan melalui analisis berbagai indikator visual seperti kuku, konjungtiva mata, dan lipatan telapak tangan. *Deep Learning* merupakan cabang dari *Machine Learning* yang memanfaatkan jaringan saraf tiruan berlapis untuk mengekstraksi fitur kompleks dan membangun representasi data secara bertahap (Eriana & Zein, 2023). Salah satu algoritma yang banyak digunakan adalah *Convolutional Neural Network* (CNN), yaitu metode *Deep Learning* yang dirancang khusus untuk mengolah data dua dimensi seperti citra. CNN terdiri atas beberapa lapisan utama, yaitu *convolutional layer* untuk ekstraksi fitur, *activation layer* untuk menentukan fitur yang relevan, serta *pooling layer* yang berfungsi mereduksi dimensi data guna meningkatkan efisiensi komputasi (Ramadhani et al., 2022).

Penelitian Magdalena et al. (2022) yang berjudul “*Convolutional Neural Network for Anemia Detection Based on Conjunctiva Palpebral Images*” mengkaji pemanfaatan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk deteksi anemia secara non-invasif melalui citra *konjungtiva palpebra*. Studi ini menggunakan dataset sebanyak 2.000 citra yang merepresentasikan kondisi anemia dan non-anemia, kemudian dibagi ke dalam data pelatihan, validasi, dan pengujian. Arsitektur CNN yang diusulkan terdiri atas lima lapisan konvolusi dengan variasi ukuran filter serta penerapan fungsi aktivasi sigmoid pada tahap klasifikasi. Hasil evaluasi menunjukkan performa optimal dengan tingkat akurasi mencapai 94%, disertai nilai presisi sebesar 0,935, recall 0,94, dan f1-score 0,935. Temuan tersebut menunjukkan bahwa CNN memiliki kemampuan yang efektif dalam mengekstraksi fitur visual dari citra konjungtiva palpebra untuk membedakan kondisi anemia, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai metode pendukung dalam deteksi dini anemia berbasis citra.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Amalia et al. (2023) dengan judul “Klasifikasi Penyakit Anemia Berbasis Citra *Palpebral Konjungtiva* dengan *Algoritma Transfer Learning*” mengembangkan sistem klasifikasi anemia non-invasif

menggunakan pendekatan *Transfer Learning* dengan arsitektur AlexNet. Dataset yang digunakan bersumber dari *IEEE DataPort (Eyes-Defy-Anemia)* dan terdiri dari 639 citra palpebral konjungtiva, dengan 419 citra normal dan 220 citra anemia. Pengujian dilakukan melalui berbagai kombinasi *hyperparameter*, dan hasil terbaik diperoleh pada pengaturan batch size 5 dan *epoch* 50, yang menghasilkan akurasi sebesar 85%, nilai loss 0,3089, serta waktu pelatihan 16 menit 13 detik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan CNN berbasis *transfer learning* mampu memberikan kinerja klasifikasi yang cukup baik dengan efisiensi komputasi yang memadai, sehingga sesuai untuk diterapkan dalam sistem deteksi dini anemia berbasis citra konjungtiva.

Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan efektivitas pendekatan *Convolutional Neural Network* (CNN) maupun *transfer learning* dalam mendeteksi anemia melalui citra konjungtiva, implementasinya sebagai sistem skrining dini yang sederhana, ringan, dan *real-time* di lingkungan sekolah masih terbatas. Sebagian besar studi belum secara spesifik menargetkan kebutuhan *skrining preventif* pada remaja putri sebagai kelompok berisiko tinggi, serta cenderung menggunakan arsitektur model yang kompleks dengan kebutuhan komputasi yang besar. Akibatnya, penerapan sistem deteksi berbasis citra konjungtiva belum optimal untuk digunakan secara luas di fasilitas kesehatan dasar dan institusi pendidikan. Selain itu, pengembangan sistem *non-invasif* yang praktis dan mampu memberikan hasil langsung masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengisi kesenjangan tersebut melalui perancangan sistem deteksi dini anemia berbasis citra mata konjungtiva menggunakan metode CNN yang lebih ringkas, *aplikatif*, dan mendukung *skrining real-time* yang efisien serta mudah diakses.

Berdasarkan penjelasan diatas, maka judul yang sesuai untuk penelitian ini adalah **“Deteksi Dini Anemia Berdasarkan Citra Mata Konjungtiva Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network* (CNN)”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, maka rumusan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem yang dapat melakukan deteksi dini anemia dan non-anemia berdasarkan citra mata *konjungtiva*?
2. Bagaimana mengimplementasikan metode *Deep Learning* menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mengklasifikasikan kondisi anemia dan non-anemia berdasarkan citra mata *konjungtiva*?
3. Bagaimana tingkat akurasi yang dihasilkan oleh arsitektur CNN dalam mendeteksi anemia dan non-anemia melalui citra mata *konjungtiva*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan dari penelitian ini, seperti yang dirumuskan pada rumusan masalah diatas:

1. Merancang sistem deteksi dini anemia dan non-anemia berbasis citra mata *konjungtiva* yang mampu bekerja secara *real-time* sebagai alternatif skrining non-invasif yang lebih praktis dan mudah diakses oleh masyarakat, khususnya remaja putri.
2. Menerapkan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam proses klasifikasi citra *konjungtiva* mata melalui tahapan pengumpulan data, *preprocessing*, pelatihan model, penyesuaian *hyperparameter*, serta pengujian performa untuk menghasilkan model yang andal dalam mendeteksi kondisi anemia dan non-anemia.
3. Mengevaluasi tingkat akurasi dan kinerja model CNN yang dikembangkan berdasarkan dataset citra *konjungtiva* mata yang mencakup data primer dan sekunder, serta mengujinya menggunakan data uji independen guna memastikan kemampuan generalisasi model terhadap data baru.

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut ini merupakan manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini, antara lain:

1. Memberikan alternatif metode skrining anemia yang lebih cepat, nyaman, dan non-invasif, melalui pengembangan sistem deteksi anemia berbasis citra mata *konjungtiva* yang memanfaatkan teknologi CNN dan dapat digunakan secara mandiri oleh masyarakat terkhusus remaja putri.

2. Menambah kontribusi ilmiah di bidang kecerdasan buatan dan pengolahan citra medis, khususnya terkait implementasi CNN untuk identifikasi kondisi kesehatan melalui data citra yang bersifat non-invasif dan *real-time*.
3. Memberikan sistem deteksi dini yang memiliki akurasi memadai sehingga dapat mendukung kegiatan skrining anemia pada remaja putri sebagai bagian dari upaya pencegahan stunting, sekaligus memperkuat pelaksanaan program pemerintah seperti pemberian Tablet Tambah Darah (TTD).

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah diatas, maka ruang lingkup dan batasan masalah dari penelitian ini mencakup:

1. Penelitian ini dibatasi pada identifikasi kondisi anemia dan non-anemia berdasarkan citra mata konjungtiva, tanpa mempertimbangkan indikator visual lain seperti kuku, bibir, maupun telapak tangan.
2. Dataset yang digunakan dalam pengembangan model *Convolutional Neural Network* (CNN) terdiri dari dua kelas, yaitu anemia dan non-anemia, dalam format citra JPG. Data *primer* diperoleh secara manual menggunakan kamera smartphone, sedangkan data *sekunder* bersumber dari dataset publik *Kaggle*, dengan jumlah data yang terbatas dan telah melalui proses konsultasi serta validasi oleh tenaga kesehatan profesional.
3. Dataset penelitian ini mencakup 168 citra *primer* yang diperoleh langsung dari responden remaja putri, serta 206 citra *sekunder* dari dataset publik *Kaggle* yang relevan untuk mendukung pelatihan model. Dataset dipartisi dengan rasio 80%:10%:10% menjadi 300 data latih, 37 data validasi, dan 37 data uji.
4. Pengujian performa sistem pada tahap implementasi *website real-time* menggunakan 37 citra data uji baru yang diambil secara independen melalui kamera smartphone, terpisah dari data uji hasil *split dataset* pelatihan (80:10:10), guna menilai kemampuan sistem dalam melakukan deteksi ROI, *preprocessing*, dan klasifikasi secara langsung pada kondisi pengambilan citra yang belum pernah dipelajari oleh model sebelumnya.

5. Sistem deteksi anemia dikembangkan dalam bentuk *website* berbasis *real-time* yang terhubung dengan kamera laptop yang disambungkan alat bantu *webcam* agar memperoleh resolusi yang baik, dan tanpa pengembangan aplikasi khusus pada *platform mobile* maupun *desktop*.
6. *Deteksi Region of Interest (ROI)* konjungtiva dilakukan menggunakan *MediaPipe Face Landmarker* sebagai metode utama, dengan *OpenCV Haar Cascade* sebagai metode alternatif (*fallback*) apabila deteksi *landmark* wajah melalui *MediaPipe* tidak berhasil dilakukan. Dengan demikian, kinerja sistem dalam mendeteksi area konjungtiva tetap dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan, sudut wajah, dan kualitas kamera, meskipun mekanisme *fallback* tersebut diterapkan untuk meningkatkan keandalan proses deteksi ROI pada kondisi tertentu.