

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Polycythemia vera (PV) adalah salah satu kondisi *neoplasma myeloproliferatif* (MPN) yang bersifat kronis dan ditandai dengan produksi berlebih sel darah merah di dalam sumsum tulang. Selain peningkatan jumlah *eritrosit*, biasanya juga ditemukan kenaikan jumlah *leukosit* dan *trombosit*. Keadaan ini menyebabkan darah menjadi lebih kental, yang dapat mengarah pada komplikasi serius seperti *trombosis*, serangan jantung, *stroke*, dan bahkan berpotensi berubah menjadi *leukemia* akut jika tidak terdiagnosis dan ditangani dengan baik. Diagnosis *polycythemia vera* pada saat ini masih bergantung pada gabungan pemeriksaan laboratorium, termasuk pengukuran kadar *hemoglobin/hematokrit*, analisis mutasi genetik, serta penilaian morfologi sel darah melalui apusan darah tepi dan *biopsi* sumsum tulang. Menurut Wahyu Solahuddin (2024), dengan kemajuan teknologi, *deep learning* yang merupakan bagian dari kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) telah menunjukkan hasil yang sangat baik dalam pengolahan dan analisis citra medis, termasuk citra mikroskopis sel darah[1].

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) memperkirakan bahwa kejadian penyakit ini berkisar antara 1/36. 000 hingga 1/100. 000, dan prevalensinya mencapai 1 dari 3. 300 orang di seluruh dunia. *polycythemia vera* dapat terjadi pada semua kelompok usia, namun lebih umum ditemukan pada individu berusia antara 50 hingga 70 tahun dan sangat jarang terjadi pada anak-anak. Sebagian besar penderita *polycythemia vera* (97%) memiliki mutasi gen yang dikenal sebagai "jak2V617F" dalam sel-sel yang terlibat dalam pembentukan darah[2]. Mutasi jak2V617F juga terdeteksi pada pasien dengan jenis kanker *mieloproliferatif* lainnya seperti *essential thrombocytemia* (ET) dan *primary myelofibrosis* (MF). Untuk penderita *polycythemia vera*, pengulangan terapi donor *phlebotomy* terjadi dengan frekuensi tertinggi antara 1 hingga 4 kali, mencapai total 448, dan yang terendah terjadi antara 9 hingga 12 kali, dengan jumlah hanya 8. Dari data yang ada, terlihat bahwa angka kejadian pasien PV lebih tinggi pada pria dibandingkan wanita, dan ada peningkatan tren kejadian setiap tahunnya pada wanita. Angka kejadian tertinggi terjadi pada kelompok usia 50-59 tahun, sementara yang terendah ada pada usia 18-29 tahun. Pengulangan terapi pada pasien PV paling banyak terjadi pada frekuensi 1-4 kali dan paling sedikit pada 9-12 kali[3].

Temuan dari penelitian *epidemiologis* menunjukkan bahwa *polycythemia vera* masih menjadi isu kesehatan yang penting, terutama di kalangan orang tua dan pasien yang membutuhkan perawatan berulang. Tingginya frekuensi perawatan *plebotomi* pada sebagian besar pasien

mencerminkan bahwa penyakit ini bersifat kronis dan semakin parah, serta menunjukkan pentingnya pengawasan yang ketat terhadap parameter *hematologis* secara berkelanjutan. Selain memengaruhi kualitas hidup pasien, pengulangan perawatan juga dapat meningkatkan beban pada sistem kesehatan dan risiko komplikasi jika tidak dikelola dengan baik[4].

Di sisi lain, analisis *morfologi* sel darah melalui apusan darah tepi tetap menjadi aspek penting dalam diagnosis dan pengawasan *polycythemia vera*. Namun, proses ini sangat bergantung pada ketelitian dan pengalaman tenaga medis, yang membuatnya rentan terhadap subjektivitas dan variasi dalam penafsiran. Kesulitan dalam membedakan karakteristik *morfologi* sel darah pada *polycythemia vera* dari penyakit *mieloproliferatif* lainnya, seperti *essential thrombocythemia* dan *primary myelofibrosis*, semakin menegaskan perlunya metode tambahan yang lebih objektif dan konsisten[5].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan konteks permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya, maka pertanyaan penelitian dalam kajian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana ciri-ciri morfologi sel darah yang tidak normal pada pasien *polycythemia vera* yang dapat dikenali melalui gambar apusan darah atau citra mikroskopis sel darah?
2. Apa saja langkah-langkah yang diperlukan dalam pengolahan citra sel darah (*preprocessing*) yang efisien, termasuk tahap normalisasi, *segmentasi*, dan *augmentasi* data, untuk meningkatkan mutu data sebelum digunakan dalam model pembelajaran mendalam?
3. Bagaimana cara merancang dan menerapkan model pembelajaran mendalam, khususnya struktur *convolutional neural network* (CNN), untuk mengenali dan mengklasifikasikan sel darah yang tidak normal pada kondisi *polycythemia vera*?
4. Seberapa baik akurasi dan kinerja model pembelajaran mendalam dalam mendeteksi sel darah abnormal pada *polycythemia vera* dengan menggunakan metrik evaluasi seperti akurasi, presisi, *recall*, *F1-score*, dan *matriks* kebingungan?
5. Fitur *morfologi* sel darah manakah yang paling signifikan dalam proses identifikasi sel darah yang tidak normal oleh model pembelajaran mendalam?

1.3 Tujuan Penelitian

Sehubungan dengan masalah yang sudah diidentifikasi, penelitian ini memiliki beberapa tujuan yang ingin dicapai, sebagai berikut:

1. Mengkaji dan mengidentifikasi ciri-ciri *morfologi* dari sel darah yang tidak normal pada individu yang menderita *polycythemia vera* dengan menggunakan gambar dari apusan darah tepi atau gambar mikroskopis sel darah.
2. Mengembangkan dan menerapkan langkah-langkah untuk pengolahan citra (*preprocessing*) yang paling efektif, yang mencakup peningkatan kualitas citra, segmentasi sel darah, dan augmentasi data, demi meningkatkan performa dari model deep learning.
3. Merancang dan menerapkan model deep learning, dengan fokus pada arsitektur *convolutional neural network* (CNN), untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan sel darah abnormal pada *polycythemia vera*.
4. Melatih serta menguji model *deep learning* dengan memanfaatkan dataset citra sel darah yang sudah diberi label, sambil memastikan bahwa model dapat mengenali pola morfologi sel yang tidak normal secara konsisten.
5. Menilai kinerja model *deep learning* dengan menggunakan parameter evaluasi seperti akurasi, presisi, *recall*, *skor F1*, dan *matriks* kebingungan.
6. Mengkaji fitur-fitur *morfologi* dari sel darah yang memiliki pengaruh penting terhadap proses identifikasi sel darah yang tidak normal oleh model *deep learning*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini mencakup beberapa aspek sebagai berikut:

1. Menghasilkan sebuah model pembelajaran mendalam yang dapat secara otomatis dan tepat mengidentifikasi sel darah yang tidak normal dengan menggunakan gambar mikroskopis.
2. Menjadi fondasi untuk pengembangan sistem atau aplikasi yang menggunakan kecerdasan buatan dalam menganalisis sel darah pada *polycythemia vera* dan penyakit *hematologi* lainnya.
3. Mendorong penggunaan teknologi kecerdasan buatan dan penglihatan komputer di bidang medis, terutama dalam *diagnostik* laboratorium.

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini terfokus pada pengidentifikasian sel darah yang tidak normal berkaitan dengan penyakit *polycythemia vera* dengan pendekatan metode pembelajaran mendalam. Penelitian dilaksanakan di laboratorium komputer Unpri menggunakan data citra dari sampel darah tepi pasien yang sudah di diagnosis *polycythemia vera* oleh tenaga medis yang berwenang[6]. Data yang digunakan adalah data sekunder berupa citra digital hasil pemeriksaan dengan mikroskop cahaya dan pewarnaan standar yang sudah dianonimkan agar identitas pasien tidak terlihat[7]. Penelitian ini tidak mencakup pengambilan sampel darah langsung atau pemeriksaan klinis terhadap pasien. Analisis dalam penelitian ini difokuskan pada ciri *morfologi* sel darah yang terlihat dalam citra apusan darah tepi, terutama sel darah merah yang menunjukkan peningkatan jumlah atau perubahan bentuk yang terkait dengan *polycythemia vera*. Penelitian ini tidak mencakup kelainan pada tingkat molekuler atau genetik, seperti mutasi gen *jak2*, dan juga tidak memperhitungkan parameter hematologi lainnya seperti kadar *hemoglobin*, *hematokrit*, atau hasil pemeriksaan laboratorium tambahan[8].

Metode yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada penerapan algoritma pembelajaran mendalam, khususnya jaringan saraf *konvolusional*, untuk mengekstrak fitur dan mengklasifikasikan sel darah[9]. Penelitian ini tidak melakukan perbandingan yang mendalam dengan metode pembelajaran mesin tradisional atau pendekatan analisis citra yang lain. Proses pelabelan data dilakukan berdasarkan informasi yang didapatkan dari rumah sakit dan tidak melibatkan diagnosis ulang oleh peneliti. Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini ditujukan untuk mengklasifikasikan sel darah normal dan abnormal yang berkaitan dengan *polycythemia vera* sebagai alat bantu analisis[10]. Sistem ini tidak dimaksudkan untuk menggantikan peran tenaga medis dan tidak digunakan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan klinis[11]. Evaluasi sistem terbatas pada pengujian dengan menggunakan metrik standar di bidang pembelajaran mesin, seperti akurasi, presisi, *recall*, dan nilai *F1-score*, tanpa adanya pengujian dalam lingkungan klinis atau penerapan *real-time*. Penelitian ini juga terbatas pada implementasi sistem dalam lingkungan komputasi eksperimental dan tidak meliputi pengembangan aplikasi medis bersertifikasi, integrasi dengan sistem informasi rumah sakit, atau uji keandalan jangka panjang. Dengan batasan-batasan ini, diharapkan penelitian ini bisa memberikan hasil yang lebih terfokus dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan[12].

1.6 Keterbaruan Penelitian

Penelitian ini menyajikan beberapa elemen baru jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya di bidang hematologi dan analisis citra darah, yaitu:

1. Penggunaan deep learning untuk *polycythemia vera*. Sebagian besar studi sebelumnya lebih menekankan pada deteksi sel darah abnormal secara umum atau pada penyakit lain seperti *leukemia*[13]. Penelitian ini secara khusus menerapkan algoritma deep learning untuk mendeteksi sel darah abnormal pada pasien dengan *polycythemia vera*, sehingga memberikan fokus yang lebih tepat dan akurat pada penyakit ini[14].
2. Penggunaan Data dari laboratorium komputer universitas prima indonesia. Penelitian ini memanfaatkan data citra apusan darah tepi dari pasien *polycythemia vera* yang langsung diambil dari laboratorium unpri, sehingga menghasilkan *dataset* yang lebih representatif untuk kondisi klinis yang sebenarnya dibandingkan dengan dataset publik yang umumnya bersifat umum atau sintetis[15].
3. Penggabungan analisis *morfologi* sel dan klasifikasi otomatis. Sistem yang dirancang tidak hanya melakukan identifikasi sel abnormal, tetapi juga secara otomatis mengklasifikasikan sel darah berdasarkan *morfologi* menggunakan *deep learning*, yang dapat meningkatkan efisiensi analisis laboratorium dibandingkan dengan metode manual[16].
4. Penilaian kinerja model dengan standar modern. Penelitian ini menerapkan metrik evaluasi pembelajaran mesin yang lengkap, seperti akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score*, untuk menilai kinerja model secara kuantitatif, sehingga menyediakan standar evaluasi yang objektif dan dapat dibandingkan dengan penelitian lainnya[17].
5. Kontribusi sebagai alat bantu klinis. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan sistem pendukung keputusan untuk membantu tenaga medis dalam menganalisis apusan darah pada pasien *polycythemia vera*, meskipun tidak dimaksudkan untuk menggantikan diagnosis klinis, yang menunjukkan aplikasi praktis dari penelitian ini[18].