

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Retinopati diabetik (DR) merupakan komplikasi mikrovaskular dari diabetes dan menjadi penyebab utama kehilangan penglihatan pada populasi umum di banyak negara, termasuk populasi dewasa pekerja dan lanjut usia. Pasien dengan tingkat keparahan DR yang parah mengalami gangguan kualitas hidup, penurunan kesejahteraan fisik, emosional, dan sosial. Tanpa pengobatan, DR berkembang dari tahap *Mild Non-Proliferative DR* ke *Moderate* dan *Severe Non-Proliferative DR* sebelum terjadinya *Proliferative DR*, di mana terdapat pertumbuhan pembuluh darah retina abnormal yang baru. Secara bersamaan, pada setiap tahap Retinopati dengan adanya eksudasi dan edema di makula, pasien juga dapat mengalami *Diabetic macular oedema* (DME). Meskipun DR terjadi pada sekitar 30% individu dengan diabetes, hanya 5-10% yang memiliki tahap berisiko hingga menyebabkan kebutaan berupa *Proliferative DR* dan DME [1]. DR merupakan salah satu bentuk komplikasi mikrovaskular akibat diabetes mellitus. Diabetes mellitus sendiri adalah penyakit metabolik yang ditandai dengan kadar glukosa darah yang tinggi dan dapat menimbulkan komplikasi makrovaskular seperti penyakit kardiovaskular dan stroke maupun mikrovaskular seperti penyakit ginjal dan retinopati. Diabetes mellitus terbagi menjadi tipe 1 (T1DM) dan tipe 2 (T2DM), dengan T2DM (*Type 2 Diabetes Mellitus*) sebagai tipe yang paling umum dan ditandai oleh resistensi insulin [2].

Di Indonesia menempati posisi kelima sebagai negara dengan populasi penderita diabetes dewasa terbesar di dunia, dengan estimasi saat ini mencapai 6,5 juta penderita yang diproyeksikan akan meningkat menjadi lebih dari 20 juta pada tahun 2030 [3]. Data terkini dari *International Diabetes Federation* (IDF) tahun 2021 menunjukkan bahwa terdapat sekitar 19,5 juta orang dewasa Indonesia yang menderita diabetes, setara dengan 10,8% dari total populasi dewasa [4]. Angka ini terus meningkat, sebagaimana dilaporkan oleh Kementerian Kesehatan pada tahun 2023 bahwa perkiraan jumlah penyakit diabetes di Indonesia mencapai 11,7% dengan penderita diperkirakan telah melampaui 20 juta orang [5]. Sebuah studi berbasis populasi di

Yogyakarta yang melibatkan 1.184 orang dewasa penderita diabetes tipe 2 melaporkan jumlah kasus Retinopati diabetik mencapai 43,1% (95% CI: 39,6-46,6%). Lebih mengkhawatirkan lagi, jumlah kasus VTDR (*vision-threatening Diabetic retiNopathy*) tercatat sebesar 26,3% (95% CI: 23,1-29,5%), yang mengindikasikan bahwa sekitar 1 dari 4 penderita diabetes mengalami VTDR [3]. Mengingat tingginya kasus tersebut, menurut Ketua Tim Pengabdian Masyarakat FKUI yaitu, Dr. dr. Gitalisa Andayani, Sp.M(K) yang juga merupakan Dosen Departemen Ilmu Kesehatan Mata RSCM, program skrining *Diabetic Retinopathy* yang baik perlu dikembangkan, seperti skrining *Diabetic Retinopathy* yang memerlukan metode lain, tingkat akurasi, peralatan fasilitas yang memadai, serta tenaga kesehatan yang kompeten dan berkualitas [6].

Permasalahan dari pendekatan konvensional untuk mendeteksi Retinopati diabetik saat ini memiliki kekurangan dalam hal akurasi, kecepatan, dan biaya. Pemeriksaan menggunakan gambar fundus retina yang dilakukan oleh dokter spesialis mata sering kali terhambat karena sulitnya mendapatkan akses ke spesialis, terutama di daerah yang kurang memiliki fasilitas medis, khususnya di daerah pedesaan atau wilayah yang kekurangan tenaga medis yang kompeten dan berkualitas. Kurangnya metode medis yang akurat, dan gedung fasilitas kesehatan yang memadai, sehingga pasien sulit untuk mendapatkan pemeriksaan yang tepat dan cepat [7], [8]. Selain itu, sistem yang masih manual ini juga rentan terhadap kesalahan manusia, yang dapat memengaruhi hasil *Diagnosis* dan memperlambat deteksi dini. Hal ini mampu menyebabkan banyak pasien tidak mendapatkan perawatan yang tepat waktu, sehingga meningkatkan risiko komplikasi yang lebih serius, termasuk kebutaan pada mata. Keakuratan yang terbatas dari metode tradisional ini mengarah sebuah penelitian yang pada akhirnya diperlukan solusi yang lebih cepat dan lebih efisien untuk mencegah ancaman penyakit DR [7], [8].

Metode yang akan diteliti dalam penelitian ini menggunakan *pre-trained* model dari *Convolutional Neural Network (CNN)* yaitu *EfficientNetV2-S*, *ResNet50*, dan *DenseNet121*. CNN merupakan salah satu metode *deep learning* yang memiliki kemampuan untuk mengekstraksi fitur dari gambar melalui lapisan konvolusi, lapisan *Pooling* untuk mengurangi dimensi citra, dan lapisan *fully connected* yang menghasilkan prediksi akhir. Alasan ketiga *pre-trained* model yang dipilih memiliki

karakteristik berbeda, pertama *EfficientNetV2-S* menggunakan *compound scaling* untuk mengoptimalkan keseimbangan *depth*, *width*, dan *resolution* dengan ~20 juta *parameters*, *ResNet50* menerapkan *residual learning* dengan *skip connections* untuk mengatasi *vanishing gradient* pada jaringan 50 *layers* dengan ~25 juta *parameters*, sedangkan *DenseNet121* mengimplementasikan *dense connectivity* dengan menghubungkan setiap lapisan ke semua lapisan sebelumnya. Artinya, *output* dari setiap lapisan digunakan oleh lapisan-lapisan setelahnya, yang memungkinkan fitur dari lapisan sebelumnya untuk digunakan secara langsung di lapisan berikutnya dengan mencapai efisiensi tinggi dengan hanya ~8 juta *parameters* [9][10][11]. Ketiga model ini juga memanfaatkan *Transfer learning* dari *ImageNet* yang memungkinkan ekstraksi fitur citra fundus retina yang telah dilatih sebelumnya.

Selanjutnya, *Stacking Ensemble* adalah metode *Ensemble learning* yang menggabungkan prediksi dari ketiga model yang telah dipelajari untuk tugas klasifikasi, dengan mengumpulkan *output* dari setiap model *base learner* ke dalam *dataset* yang sama untuk merepresentasikan prediksi setiap model beserta klasifikasi, yang akan dilatih menggunakan algoritma *meta-learning* untuk meningkatkan akurasi prediksi dengan memanfaatkan kekuatan masing-masing model *base learner* [12]. *Stacking Ensemble* menggunakan *meta-learner* untuk mengintegrasikan hasil prediksi para *base learners* tersebut dengan menggabungkan tiga tipe model *pre-trained* yang akan diteliti yaitu *EfficientNetV2-S*, *ResNet50*, dan *DenseNet121*.

Dataset untuk penelitian ini bersumber dari tiga sumber utama yang telah divalidasi dan digunakan oleh banyaknya paper di dunia. *Dataset* pertama untuk bersumber dari *website Kaggle* yang bernama APTOS 2019 *Blindness Detection* oleh *Asia Pacific Tele-Ophthalmology Society* (APTOS) [13]. *Dataset* kedua yang digunakan adalah Messidor-2 [14]. *Dataset* ketiga adalah *Indian Diabetic Retinopathy Image Dataset* (IDRiD), yang merupakan *dataset* pertama dari populasi India yang dikembangkan oleh *Eye Clinic* di Nanded, Maharashtra [15].

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam tugas penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan menerapkan arsitektur *deep learning EfficientNetV2-S, ResNet50, dan DenseNet121* sebagai model *baseline* individu?
2. Bagaimana merancang dan menerapkan arsitektur *Stacking Ensemble* yang mengintegrasikan *EfficientNetV2-S, ResNet50, dan DenseNet121* sebagai *base-learners* dengan *Gradient Boosting* sebagai *meta-learner*?
3. Bagaimana hasil pengujian dan performa menggunakan metrik evaluasi model dari masing-masing model *base learners* yaitu *EfficientNetV2-S, ResNet50, DenseNet121*, serta model *Stacking Ensemble*?
4. Apakah penerapan metode *Stacking Ensemble* mampu memberikan peningkatan performa yang lebih unggul dibandingkan dengan model *base learners* terbaik berdasarkan metrik evaluasi yang digunakan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang diangkat dalam tugas skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan menerapkan arsitektur *deep learning EfficientNetV2-S, ResNet50, dan DenseNet121* sebagai model *baseline* individu.
2. Merancang dan menerapkan arsitektur *Stacking Ensemble* yang mengintegrasikan *EfficientNetV2-S, ResNet50, dan DenseNet121* sebagai *base learners* dengan algoritma *Gradient Boosting* sebagai *meta-learner*.
3. Mengevaluasi dan menganalisis hasil pengujian serta performa dari masing-masing model *base learners* dan model *Stacking Ensemble* menggunakan metrik evaluasi model.
4. Menganalisis dan membuktikan apakah penerapan metode *Stacking Ensemble* mampu memberikan peningkatan performa yang lebih unggul dibandingkan dengan model *base learner* berdasarkan metrik evaluasi yang digunakan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun juga manfaat-manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi terhadap implementasi metodologi citra medis dalam bidang klasifikasi dari tingkat keparahan penyakit Retinopati diabetik (DR).

2. Menyajikan analisis yang mencakup implementasi arsitektur dan evaluasi model *baseline EfficientNetV2-S, ResNet50, DenseNet121*, serta penerapan *Stacking Ensemble* dalam satu alur penelitian yang utuh.
3. Memberikan kontribusi pengetahuan mengenai efektivitas kombinasi arsitektur CNN modern sebagai *base-learner* dalam skema *Stacking Ensemble* untuk klasifikasi citra fundus retina.
4. Menghasilkan analisis performa mengenai model arsitektur *baseline individual* maupun *Stacking Ensemble* yang memberikan performa terbaik untuk dapat menjadi rujukan yang kuat bagi peneliti atau praktisi dalam memilih dan mengembangkan sistem *Computer-Aided Diagnosis* (CAD) untuk klasifikasi tingkat keparahan Retinopati diabetik.
5. Memberikan kontribusi dalam pencapaian tujuan *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya pada poin No. 3, yaitu *Good Health and Well-Being*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian bertujuan untuk menghindari asumsi-asumsi yang terlalu luas terkait ruang lingkup yang akan diteliti. Berikut untuk rincian yang akan disampaikan terkait batasan penelitian ini:

1. Penelitian ini membahas prediksi klasifikasi tingkat keparahan Retinopati diabetik pada citra fundus retina yang terdiri dari lima kelas, yaitu: *No DR, Mild NPDR, Moderate NPDR, Severe NPDR*, dan *Proliferative DR*, yang masing-masing berkembang seiring waktu dalam tahap keparahannya
2. Penelitian ini berfokus pada pengembangan tiga model *baseline*, yaitu *EfficientNetV2-S, ResNet50*, dan *DenseNet121*. Setelah itu, dilakukan penerapan *Stacking Ensemble* menggunakan *meta-learner Gradient Boosting*. Jadi, penelitian ini tidak akan keluar ruang lingkupnya hingga implementasi model.
3. *Dataset* yang digunakan adalah Data gabungan (*Data fusion*) dari tiga *dataset benchmark* yaitu, APTOS 2019 (3.662 citra), IDRiD (516 citra), dan Messidor-2 (1.744 citra), dengan total 5.922 citra fundus retina yang telah divalidasi secara klinis untuk lima tingkat keparahan Retinopati diabetik.