SKRIPSI

KLASIFIKASI TINGKAT KEPARAHAN RETINOPATI DIABETIK MENGGUNAKAN STACKING ENSEMBLE DENGAN EFFICIENTNET V2-S, RESNET50, DAN DENSENET121

MUHAMMAD IQMAL BASORI
NPM 21081010297

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST. MT. IPU
Hendra Maulana, S.Kom., M.Kom

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI INFORMATIKA
SURABAYA
2026

LEMBAR PENGESAHAN

KLASIFIKASI TINGKAT KEPARAHAN RETINOPATI DIABETIK MENGGUNAKAN STACKING ENSEMBLE DENGAN EFFICIENTNET V2-S, RESNET50, DAN DENSENET121

Oleh :
MUHAMMAD IQMAL BASORI
NPM. 21081010297

Telah dipertahankan dihadapan dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi Prodi Informatika Fakulktas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur Pada tanggal 17 Desember 2025.

Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST. MT. IPU
NIP. 19700619 202121 1 009 ..... (Pembimbing I)

Hendra Maulana, S.Kom., M.Kom
NPT. 201198 31 223248 ..... (Pembimbing II)

Eka Prakarsa Mandyartha, S.T., M.Kom
NIP. 19880525 201803 1 001 ..... (Ketua Penguji)

Chrystia Aji Putra, S.Kom, M.T
NIP. 19861008 202121 1 001 ..... (Penguji I)

Mengetahui,
Dekan Fakultas Ilmu Komputer

Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT
NIP. 19681126 199403 2 001

LEMBAR PERSETUJUAN

KLASIFIKASI TINGKAT KEPARAHAN RETINOPATI DIABETIK MENGGUNAKAN STACKING ENSEMBLE DENGAN EFFICIENTNET V2-S, RESNET50, DAN DENSENET121

Oleh :
MUHAMMAD IQMAL BASORI
NPM. 21081010297

Menyetujui,
Koordinator Program Studi Informatika
Fakultas Ilmu Komputer

Fetty Tri Anggraeny, S.Kom, M.Kom
NIP. 19820211 202121 2 005

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : MUHAMMAD IQMAL BASORI
Program Studi : Informatika
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST. MT. IPU
Hendra Maulana, S.Kom., M.Kom

dengan ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan skripsi dengan judul:

KLASIFIKASI TINGKAT KEPARAHAN RETINOPATI DIABETIK MENGGUNAKAN STACKING ENSEMBLE DENGAN EFFICIENTNET V2-S, RESNET50, DAN DENSENET121

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 08 Januari 2026
Yang Membuat Pernyataan,

MUHAMMAD IQMAL BASORI
NPM. 21081010297

ABSTRAK

Nama Mahasiswa /NPM	:	Muhammad Iqmal Basori / 21081010297
Judul Skripsi	:	Klasifikasi tingkat keparahan Retinopati Diabetik menggunakan Stacking Ensemble dengan EfficientNet V2-S, ResNet50, dan DenseNet121
Dosen Pembimbing	:	1. Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST. MT. IPU 2. Hendra Maulana, S.Kom., M.Kom

Retinopati diabetik merupakan komplikasi mikrovaskuler diabetes melitus yang dapat menyebabkan kebutaan permanen jika tidak terdeteksi dan ditangani secara dini. Deteksi manual memerlukan waktu lama dan terbatas pada ketersediaan tenaga ahli, sehingga sistem Computer-Aided Diagnosis (CAD) berbasis deep learning menjadi solusi penting untuk skrining massal. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem klasifikasi tingkat keparahan Retinopati diabetik menggunakan Stacking Ensemble yang mengintegrasikan tiga arsitektur CNN pre-trained: EfficientNetV2-S, ResNet50, dan DenseNet121 sebagai base learners dengan Gradient Boosting Classifier sebagai meta-learner. Dataset merupakan gabungan dari APTOS 2019, IDRiD, dan Messidor-2 dengan total 5.922 citra fundus retina yang melalui tahap pra-pemrosesan ROI Extraction, Gamma correction, CLAHE, dan Resizing. Setiap base learner dilatih pada tiga skenario pembagian dataset (80:10:10, 70:15:15, dan 60:20:20) dengan tiga metode sampling (Random sampling, Undersampling, dan No Augmentation), menghasilkan total 36 model. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa EfficientNetV2-S mencapai performa terbaik pada skenario 70:15:15 dengan Random sampling, mencapai akurasi 83,11%, Precision 0,8304, recall 0,8311, F1-Score 0,8289, dan QWK 0,9298. Metode Stacking Ensemble pada konfigurasi yang sama mencapai akurasi 82,78% dan QWK 0,9293. Penelitian ini membuktikan bahwa pendekatan Ensemble learning dengan meta-learner Gradient Boosting mampu mengatasi penurunan performa model saat jumlah Data latih berkurang. Hal ini dilakukan dengan memanfaatkan pola-pola yang saling melengkapi dari tiga arsitektur model yang digunakan.

Kata kunci : Klasifikasi, Retinopati Diabetik, Citra Fundus, Stacking Ensemble, Deep Learning

ABSTRACT

Student Name / NPM	:	Muhammad Iqmal Basori / 21081010297
Thesis Title	:	Classification of Diabetic Retinopathy Severity Levels using Stacking Ensemble with EfficientNet V2-S, ResNet50, and DenseNet121
Advisor	:	1. Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST. MT. IPU 2. Hendra Maulana, S.Kom., M.Kom

Diabetic retinopathy is a microvascular complication of diabetes mellitus that can cause permanent blindness if Not detected and treated early. Manual detection requires considerable time and is limited by the availability of expert personnel, making Computer-Aided Diagnosis (CAD) systems based on deep learning an important solution for mass screening. This research aims to develop a Diabetic retinopathy severity classification system using Stacking Ensemble that integrates three pre-trained CNN architectures: EfficientNetV2-S, ResNet50, and DenseNet121 as base learners with Gradient Boosting Classifier as the meta-learner. The dataset is a combination of APTOS 2019, IDRiD, and Messidor-2 with a total of 5,922 retinal fundus images that underwent preprocessing Stages of ROI Extraction, Gamma correction, CLAHE, and Resizing. Each base learner was trained on three dataset split scenarios (80:10:10, 70:15:15, and 60:20:20) with three sampling methods (Random sampling, Undersampling, and No Augmentation), resulting in a total of 36 models. Evaluation results show that EfficientNetV2-S achieved the best performance in the 70:15:15 scenario with Random sampling, achieving an Accuracy of 83.11%, Precision of 0.8304, recall of 0.8311, F1-Score of 0.8289, and QWK of 0.9298. The Stacking Ensemble method with the same configuration achieved an Accuracy of 82.78% and QWK of 0.9293. This research demonstrates that the Ensemble learning approach with Gradient Boosting meta-learner is capable of overcoming model performance degradation when the amount of training Data is reduced. This is achieved by leveraging complementary patterns from the three model architectures used.

Keywords : Classification, Diabetic Retinopathy, Fundus Image, Stacking Ensemble, Deep Learning

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya kepada peneliti sehingga skripsi dengan judul **"Klasifikasi tingkat keparahan Retinopati Diabetik menggunakan Stacking Ensemble dengan EfficientNet V2-S, ResNet50, dan DenseNet121"** yang merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan tinggi di Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur. Peneliti mendapatkan banyak menerima bantuan dari berbagai pihak, baik itu berupa moral, spiritual maupun materiil. Oleh karena itu, peneliti dengan tulus mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, M.MT., IPU, selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
2. Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
3. Ibu Fetty Tri Anggraeny, S.Kom. M.Kom, selaku Ketua Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
4. Bapak Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST. MT. IPU selaku Dosen Pembimbing pertama yang selalu memberikan bimbingan, pelajaran, dan motivasi berharga dalam setiap tahap penelitian ini, sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
5. Bapak Hendra Maulana, S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing kedua yang selalu memberikan bimbingan, pelajaran, dan motivasi berharga dalam setiap tahap penelitian ini, sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
6. Bapak Eka Prakarsa Mandyartha, S.T., M.Kom., selaku Dosen Penguji I, yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan selama pengujian yang membangun dalam proses penulisan serta penyempurnaan skripsi ini.
7. Bapak Chrystia Aji Putra, S.Kom., M.T., selaku Dosen Penguji II, yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan selama pengujian yang membangun dalam proses penulisan serta penyempurnaan skripsi ini.
8. Ibu Afina Lina Nurlaili, S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Wali, yang selalu siap membantu dan memberikan bimbingan, baik dalam aspek akademik maupun

pribadi selama masa perkuliahan saya. Terima kasih atas semua perhatian dan nasehat yang diberikan.

9. Bapak Andreas Nugroho Sihananto, S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Pengurus Skripsi, yang telah membantu peneliti dalam kelancaran administrasi serta memberikan bantuan teknis yang diperlukan selama proses skripsi ini.
10. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Informatika UPN "Veteran" Jawa Timur yang telah memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan, serta mental berharga selama masa perkuliahan, yang sangat membantu peneliti dalam memahami dan mengaplikasikan metode penelitian dengan benar.
11. Kedua orang tua serta keluarga yang selalu memberikan dukungan moral, materiil, motivasi, semangat, dan doa yang tiada henti. Tanpa mereka, peneliti tidak akan dapat mencapai titik ini.
12. Teman-teman grup Banteng UwU, Berbagi itu "Indah", dan JNC Family yang menjadi rekan diskusi, tempat berbagi keluh-kesah, memberi kebersamaan kalau selama ini peneliti tidak sendirian selama perkuliahan dan proses skripsi ini. Terima kasih atas dukungan dan keceriaan yang selalu menemani peneliti.
13. Kak Aliya, yang telah menjadi sosok inspiratif, soulmate, dan mau menjadi pendengar yang baik selama menjalani masa perkuliahan ini, selalu memberikan semangat dan kekuatan untuk terus tetap hidup dan berfikir maju karena dunia ini tidaklah sempit.
14. Serta pihak-pihak eksternal lainnya, yang meskipun tidak dapat disebutkan satu per satu, telah memberikan kontribusi yang sangat berarti dan mendukung kelancaran penyusunan skripsi ini.

Peneliti menyadari bahwa di dalam penyusunan skripsi ini banyak terdapat kekurangan. Untuk itu kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan penelitian skripsi ini. Akhirnya, dengan segala keterbatasan yang peneliti miliki semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak umumnya dan peneliti pada khususnya.

Surabaya, 28 Oktober 2025

Peneliti

DAFTAR ISI

‘

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

DAFTAR NOTASI

Simbol/Singkatan	Keterangan
AI	*Artificial Intelligence*
APTOS	*Asia Pacific Tele-Ophthalmology Society*
BGR	*Blue-Green-Red (format warna)*
CAD	*Computer-Aided Diagnosis*
CLAHE	*Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*
CNN	*Convolutional Neural Network*
CORAL	*Consistent Rank Logits*
CORN	*Conditional Ordinal Regression for Neural Networks*
CSV	*Comma-Separated Values*
CUDA	*Compute Unified Device Architecture*
DDR	*Diabetic Retinopathy Dataset*
DME	*Diabetic Macular Edema*
DNN	*Deep Neural Network*
DR	*Diabetic RetiNopathy*
DRF	*Distributed Random Forest*
DRIVE	*Digital Retinal Images for Vessel Extraction*
DXA	*Twentieths of a point (satuan pengukuran)*
EHR	*Electronic Health Record*
FN	*False Negative*

Simbol/Singkatan	Keterangan
FP	*False Positive*
GB	*Gradient Boosting*
GLM	*Generalized Linear Model*
GPU	*Graphics Processing Unit*
HE	*Hemorrhages*
ICDR	*Indian Diabetic Retinopathy*
IDF	*International Diabetes Federation*
IDRiD	*Indian Diabetic Retinopathy Image Dataset*
IRMA	*Intraretinal Microvascular Abnormalities*
KNN	*K-Nearest Neighbors*
LUT	*Look-Up Table*
MA	*Microaneurysms*
NPDR	*Non-Proliferative Diabetic Retinopathy*
NVD	*Neovascularization of the Disc*
NVE	*Neovascularization Elsewhere*
OCT	*Optical Coherence Tomography*
PDR	*Proliferative Diabetic Retinopathy*
PNG	*Portable Network Graphics*
QWK	*Quadratic Weighted Kappa*
RAM	*Random Access Memory*

Simbol/Singkatan	Keterangan
RF	*Random Forest*
RGB	*Red-Green-Blue*
RMSE	*Root Mean Square Error*
ROI	*Region of Interest*
RTX	*Ray Tracing Texel eXtreme (NVIDIA GPU)*
SDGs	*Sustainable Development Goals*
SE	*Squeeze-and-Excitation*
SGD	*Stochastic Gradient descent*
SMOTE	*Synthetic Minority Over-sampling Technique*
SSD	*Solid State Drive*
SVM	*Support Vector Machine*
T1DM	*Type 1 Diabetes Mellitus*
T2DM	*Type 2 Diabetes Mellitus*
TIFF	*Tagged Image File Format*
TN	*True Negative*
TP	*True Positive*
VRAM	*Video Random Access Memory*
VTDR	*Vision-Threatening Diabetic Retinopathy*