

**KLASIFIKASI PENYAKIT MATA MENGGUNAKAN
ENSEMBLE CLASSIFIER CNN-KNN-SVM BERDASARKAN
HASIL EKSTRAKSI FITUR CNN**

SKRIPSI



Oleh :

ADIL SANDY WARDHANI

NPM. 20081010021

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR**

2024

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**Judul : KLASIFIKASI PENYAKIT MATA MENGGUNAKAN
ENSEMBLE CLASSIFIER CNN-KNN-SVM BERDASARKAN
HASIL EKSTRAKSI FITUR CNN**

Oleh : Adil Sandy Wardhani

NPM : 20081010021

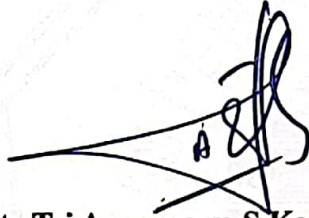
Telah Diseminarkan Dalam Ujian Skripsi Pada :

Hari Selasa, 21 Mei 2024

Mengetahui

Dosen Pembimbing

1.



Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19820211 2021212 005

2.



Agung Mustika Rizki, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19930725 202203 1008

Dosen Penguji

1.



Dr. Ir. Kartini, S.Kom., MT.
NIP. 19611110 199103 2 001

2.



Achmad Junaidi, S.Kom., M.Kom.
NPT. 3 7811 04 0199 1

Menyetujui

**Dekan
Fakultas Ilmu Komputer**



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

**Koordinator Program Studi
Informatika**



Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19820211 2021212 002

SURAT PERNYATAAN BEBAS DARI PLAGIASI

Saya, mahasiswa Program Studi Sarjana Informatika Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adil Sandy Wardhani

NPM : 20081010021

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/Tugas Akhir yang saya kerjakan berjudul:

**"KLASIFIKASI PENYAKIT MATA MENGGUNAKAN ENSEMBLE
CLASSIFIER CNN-KNN-SVM BERDASARKAN HASIL EKSTRAKSI FITU
CNN"**

bukan merupakan plagiasi sebagian atau keseluruhan dari Skripsi/Tugas Akhir/Penelitian orang lain dan juga bukan merupakan produk dan software yang saya beli dari pihak lain. Saya juga menyatakan bahwa Skripsi/Tugas Akhir ini secara keseluruhan adalah pekerjaan Saya sendiri, kecuali yang dinyatakan dalam Daftar Pustaka dan tidak pernah diajukan untuk syarat memperoleh gelar di Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur maupun di Institut Pendidikan lain. Bukti hasil pengecekan plagiasi dokumen ini dapat ditelusuri melalui QR Code di bawah.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa dokumen ini merupakan plagiasi karya orang lain, saya sanggup menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku.

Demikian atas perhatiannya disampaikan terima kasih.



Surabaya, 29 Mei 2024



Adil Sandy Wardhani

NPM. 20081010021

KLASIFIKASI PENYAKIT MATA MENGGUNAKAN ENSEMBLE CLASSIFIER CNN-KNN-SVM BERDASARKAN HASIL EKSTRAKSI FITUR CNN

Nama Mahasiswa : Adil Sandy Wardhani
NPM : 20081010021
Program Studi : Informatika
Dosen Pembimbing : Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom
Agung Mustika Rizki, S.Kom, M.Kom

ABSTRAK

Tingkat penyakit mata di Indonesia mengalami peningkatan yang cukup signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Bahkan dalam penyakit mata terdapat beberapa jenis yang berbeda dan cukup sulit untuk menentukan jenis penyakit mata yang diderita. Apabila penyakit mata tidak dengan cepat dilakukan pendeteksian ataupun klasifikasi, dapat menyebabkan penurunan fungsi mata bahkan hingga terjadinya kebutaan. Dalam melakukan klasifikasi jenis penyakit mata, dapat digunakan algoritma *machine learning*.

Algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) merupakan salah satu algoritma *machine learning* yang cukup umum dalam klasifikasi citra dan sering digunakan dalam banyak penelitian untuk mengolah data berupa visual. Selain CNN, algoritma *K-Nearest Neighbor* (KNN) dan *Support Vector Machine* (SVM) juga dapat digunakan untuk tujuan klasifikasi citra.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengembangan sistem klasifikasi penyakit mata dengan menggunakan *ensemble classifier* CNN, KNN dan SVM yang berdasarkan pada hasil ekstraksi fitur CNN. Dari *ensemble classifier* tersebut nantinya akan dilakukan *majority voting* untuk melakukan pengambilan hasil klasifikasi. Hasil yang didapat dari penelitian adalah tingkat akurasi klasifikasi menggunakan metode *ensemble classifier* CNN, KNN dan SVM dengan mendapatkan hasil tertinggi mencapai 93,174%.

Kata kunci : Penyakit Mata, *Ensemble Classifier*, *Majority Voting*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Salam sejahtera bagi kita semua, segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT. yang telah melimpahkan karunia, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Klasifikasi Penyakit Mata Menggunakan *Ensemble Classifier* CNN-KNN-SVM Berdasarkan Hasil Ekstraksi Fitur CNN”. Penyusunan skripsi ini dilakukan sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program studi S1 Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Dalam perkembangan zaman yang serba modern sekarang, terdapat kecerdasan buatan yang dapat mendeteksi penyakit dengan cepat dan tepat. Salah satunya yaitu mendeteksi penyakit mata dengan klasifikasi. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan klasifikasi penyakit mata menggunakan *Ensemble Classifier Majority Voting* dengan menggabungkan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN), *K-Nearest Neighbor* (KNN), dan *Support Vector Machine* (SVM). Dengan melakukan klasifikasi ini, diharapkan dapat membantu pembuatan sistem dengan algoritma *Ensemble Classifier* yang diusulkan.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa dalam penyusunan penelitian ini masih terdapat beberapa kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran pembaca untuk perbaikan dan penyempurnaan penelitian ini. Sekian terimakasih.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, terima kasih yang sebesar-besarnya diucapkan kepada Allah SWT., atas berkat hidayah dan anugerah-Nya karena penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Klasifikasi Penyakit Mata Menggunakan *Ensemble Classifier* CNN-KNN-SVM Berdasarkan Hasil Ekstraksi Fitur CNN”. Penyusunan skripsi ini sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana di program studi S1 Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Ucapan terima kasih juga disampaikan penulis kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, M.MT 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. Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom. selaku dosen pembimbing pertama dan Koordinator Program Studi Informatika Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
4. Agung Mustika Rizki, S.Kom., M.Kom. selaku dosen pembimbing kedua yang telah membantu memberikan masukan dan saran yang membangun untuk menyelesaikan skripsi ini.
5. Dr. Ir. Kartini, S.Kom., MT., selaku dosen penguji pertama yang telah memberikan masukan dan penilaian terhadap penelitian skripsi ini.
6. Achmad Junaidi, S.Kom., M.Kom., selaku dosen penguji kedua yang juga telah memberikan masukan dan penilaian terhadap penelitian skripsi ini.
7. Bapak/Ibu dosen yang telah membagikan ilmu pengetahuan dan pengalamannya kepada penulis selama menempuh pendidikan Sarjana di Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
8. Keluarga tercinta, orang tua, saudara, dan saudari yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi lebih untuk menyelesaikan skripsi ini

9. Teman-teman seperjuangan di lingkungan kampus Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur yang selalu memberikan dukungan dan inspirasi untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
10. Teman-teman seperjuangan di luar lingkup kampus yang selalu memberikan motivasi dan semangat untuk segera menyelesaikan skripsi ini.

DAFTAR ISI

| | |
|--|------------|
| LEMBAR PENGESAHAN | i |
| SURAT PERNYATAAN BEBAS DARI PLAGIASI..... | ii |
| ABSTRAK | iii |
| KATA PENGANTAR..... | iv |
| UCAPAN TERIMA KASIH | v |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR TABEL | xii |
| DAFTAR KODE PROGRAM | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 5 |
| 1.5 Batasan Masalah | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 6 |
| 2.1 Penelitian Sebelumnya | 6 |
| 2.2 Penyakit Mata | 8 |
| 2.3 Citra Digital | 9 |
| 2.3.1 Citra Berwarna..... | 10 |
| 2.3.2 Citra Keabuan | 10 |
| 2.3.3 Citra Biner | 11 |
| 2.4 Ruang Warna CIELAB | 11 |
| 2.5 Pengolahan Citra Digital | 14 |
| 2.6 Pembelajaran Mesin | 15 |
| 2.7 Pembelajaran Mendalam | 17 |
| 2.8 Jaringan Saraf Tiruan..... | 17 |
| 2.9 Convolutional Neural Network | 18 |
| 2.9.1 Feature Learning..... | 19 |
| 2.9.2 Classification | 22 |

| | | |
|---|------------------------------------|-----------|
| 2.10 | K-Nearest Neighbor..... | 24 |
| 2.11 | Support Vector Machine | 25 |
| 2.12 | Ensemble Learning | 26 |
| 2.12.1 | Bagging..... | 27 |
| 2.12.2 | Voting | 27 |
| 2.12.3 | Boosting..... | 27 |
| 2.12.4 | Stacking | 28 |
| 2.13 | Confusion Matrix..... | 28 |
| BAB III METODE PENELITIAN | | 31 |
| 3.1 | Tahapan Penelitian..... | 31 |
| 3.2 | Studi Literatur | 32 |
| 3.3 | Pengumpulan Data..... | 32 |
| 3.4 | Praproses Data | 33 |
| 3.4.1 | Resize Citra | 34 |
| 3.4.2 | Penerapan CLAHE | 34 |
| 3.4.3 | Akuisisi Data | 34 |
| 3.5 | Perancangan Model | 35 |
| 3.5.1 | Convolutional Neural Network | 36 |
| 3.5.2 | K-Nearest Neighbor..... | 37 |
| 3.5.3 | Support Vector Machine | 38 |
| 3.5.4 | Ensemble | 38 |
| 3.6 | Evaluasi Model | 39 |
| 3.7 | Skenario Penelitian | 39 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | | 42 |
| 4.1 | Pengumpulan Dataset | 42 |
| 4.2 | Praproses Data | 43 |
| 4.3 | Perancangan Model | 46 |
| 4.3.1 | Model CNN | 46 |
| 4.3.2 | Model KNN | 49 |
| 4.3.3 | Model SVM..... | 50 |
| 4.3.4 | Model Ensemble Classifier..... | 51 |
| 4.4 | Skenario Penelitian | 52 |

| | | |
|------------------------------|----------------------------------|-----------|
| 4.4.1 | Pengujian Skenario Pertama..... | 52 |
| 4.4.2 | Pengujian Skenario Kedua | 60 |
| 4.4.3 | Pengujian Skenario Ketiga | 68 |
| 4.4.4 | Pengujian Skenario Keempat | 76 |
| 4.5 | Evaluasi Akhir | 84 |
| BAB V KESIMPULAN..... | | 87 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 87 |
| 5.2 | Saran | 87 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | | 88 |
| LAMPIRAN..... | | 93 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Mata Normal | 8 |
| Gambar 2.2 Cataract | 8 |
| Gambar 2.3 Glaucoma..... | 9 |
| Gambar 2.4 Diabetic Retinopathy | 9 |
| Gambar 2.5 Citra Berwarna (Yana & Nafi'iyah, 2021) | 10 |
| Gambar 2.6 Citra Keabuan (Yana & Nafi'iyah, 2021)..... | 11 |
| Gambar 2.7 Citra Biner (Yana & Nafi'iyah, 2021)..... | 11 |
| Gambar 2.8 Ruang Warna CIELAB | 12 |
| Gambar 2. 9 Pengolahan Citra Digital (Rianto & Harjoko, 2017)..... | 15 |
| Gambar 2.10 Machine Learning..... | 16 |
| Gambar 2.11 Arsitektur JST Multilayer (Khusniyah & Sutikno, 2016)..... | 18 |
| Gambar 2.12 Arsitektur Convolutional Neural Network (Lina, 2019)..... | 19 |
| Gambar 2.13 Operasi Konvolusi | 20 |
| Gambar 2.14 Stride..... | 20 |
| Gambar 2.15 Padding | 21 |
| Gambar 2.16 Operasi ReLU..... | 21 |
| Gambar 2.17 Operasi Pooling Layer..... | 22 |
| Gambar 2.18 Flatten | 22 |
| Gambar 2.19 Dropout..... | 23 |
| Gambar 2.20 Fully Connected Layer | 24 |
| Gambar 2.21 Algoritma KNN | 25 |
| Gambar 2.22 Support Vector Machine | 26 |
| Gambar 2.23 Bagging | 27 |
| Gambar 2.24 Voting | 27 |
| Gambar 2.25 Boosting | 28 |
| Gambar 2.26 Stacking | 28 |
| Gambar 3.1 Diagram Tahapan Penelitian | 31 |
| Gambar 3.2 Sample Citra..... | 33 |
| Gambar 3.3 Tahapan Alur Praproses Data | 33 |
| Gambar 3.4 Jumlah Data Setiap Kelas | 35 |

| | |
|---|-----------|
| Gambar 3.5 Alur Perancangan Model | 36 |
| Gambar 3.6 Arsitektur MobileNetV2..... | 36 |
| Gambar 3.7 Model Summary MobileNetV2..... | 37 |
| Gambar 3.8 Proses Klasifikasi KNN | 37 |
| Gambar 3.9 Proses Klasifikasi SVM | 38 |
| Gambar 3.10 Contoh Majority Voting | 39 |
| Gambar 4.1 Jumlah Dataset Penyakit Mata | 42 |
| Gambar 4.2 Jenis Dataset Tidak Sesuai..... | 43 |
| Gambar 4.3 Hasil Praproses Data | 45 |
| Gambar 4.4 Output Akuisisi Data | 46 |
| Gambar 4.5 Grafik Pelatihan CNN (Adam dan Learning Rate 0.001)..... | 53 |
| Gambar 4.6 Confusion Matrix Ensemble Classifier pada Skenario Pertama | 59 |
| Gambar 4.7 Grafik Pelatihan CNN (Adam dan Learning Rate 0.0001)..... | 61 |
| Gambar 4.8 Confusion Matrix Ensemble Classifier pada Skenario Kedua.. | 67 |
| Gambar 4.9 Grafik Pelatihan CNN (RMSprop dan Learning Rate 0.001) ... | 69 |
| Gambar 4.10 Confusion Matrix Ensemble Classifier pada Skenario Ketiga | 75 |
| Gambar 4.11 Grafik Pelatihan CNN (RMSprop dan Learning Rate 0.0001) 77 | |
| Gambar 4.12 Confusion Matrix Ensemble Classifier pada Skenario Keempat | |
| | 83 |
| Gambar 4.13 Evaluasi Akhir..... | 85 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Confusion Matrix..... | 28 |
| Tabel 3.1 Pembagian Data | 35 |
| Tabel 3.2 Skenario Penelitian..... | 40 |
| Tabel 4.1 Akurasi CNN pada Pengujian Skenario Pertama | 53 |
| Tabel 4.2 Akurasi CNN-KNN dengan Nilai K = 5 pada Skenario Pertama .. | 54 |
| Tabel 4.3 Akurasi CNN-KNN dengan Nilai K = 7 pada Skenario Pertama .. | 54 |
| Tabel 4.4 Akurasi CNN-KNN dengan Nilai K = 9 pada Skenario Pertama .. | 55 |
| Tabel 4.5 Akurasi CNN-SVM dengan Kernel Linear pada Skenario Pertama | 55 |
| Tabel 4.6 Akurasi CNN-SVM dengan Kernel Poly pada Skenario Pertama. | 56 |
| Tabel 4.7 Akurasi CNN-SVM dengan Kernel RBF pada Skenario Pertama | 56 |
| Tabel 4.8 Akurasi CNN, KNN, dan SVM pada Skenario Pertama | 57 |
| Tabel 4.9 Akurasi Ensemble Classifier Skenario Pertama | 57 |
| Tabel 4.10 Classification Report Ensemble Classifier pada Skenario Pertama | 60 |
| Tabel 4.11 Akurasi CNN pada Pengujian Skenario Kedua..... | 61 |
| Tabel 4.12 Akurasi CNN-KNN dengan Nilai K = 5 pada Skenario Kedua.... | 62 |
| Tabel 4.13 Akurasi CNN-KNN dengan Nilai K = 7 pada Skenario Kedua.... | 62 |
| Tabel 4.14 Akurasi CNN-KNN dengan Nilai K = 9 pada Skenario Kedua.... | 63 |
| Tabel 4.15 Akurasi CNN-SVM dengan Kernel Linear pada Skenario Kedua | 63 |
| Tabel 4.16 Akurasi CNN-SVM dengan Kernel Poly pada Skenario Kedua.. | 64 |
| Tabel 4.17 Akurasi CNN-SVM dengan Kernel RBF pada Skenario Kedua.. | 64 |
| Tabel 4.18 Akurasi CNN, KNN, dan SVM pada Skenario Kedua..... | 65 |
| Tabel 4.19 Akurasi Ensemble Classifier Skenario Kedua | 65 |
| Tabel 4.20 Classification Report Ensemble Classifier pada Skenario Kedua | 68 |
| Tabel 4.21 Akurasi CNN pada Pengujian Skenario Ketiga..... | 69 |
| Tabel 4.22 Akurasi CNN-KNN dengan Nilai K = 5 pada Skenario Ketiga.... | 70 |
| Tabel 4.23 Akurasi CNN-KNN dengan Nilai K = 7 pada Skenario Ketiga.... | 70 |

| | |
|---|-----------|
| Tabel 4.24 Akurasi CNN-KNN dengan Nilai K = 9 pada Skenario Ketiga.... | 71 |
| Tabel 4.25 Akurasi CNN-SVM dengan Kernel Linear pada Skenario Ketiga | 71 |
| Tabel 4.26 Akurasi CNN-SVM dengan Kernel Poly pada Skenario Ketiga.. | 72 |
| Tabel 4.27 Akurasi CNN-SVM dengan Kernel RBF pada Skenario Ketiga.. | 72 |
| Tabel 4.28 Akurasi CNN, KNN, dan SVM pada Skenario Ketiga..... | 73 |
| Tabel 4.29 Akurasi Ensemble Classifier Skenario Ketiga | 73 |
| Tabel 4.30 Classification Report Ensemble Classifier pada Skenario Ketiga | 76 |
| Tabel 4.31 Akurasi CNN pada Pengujian Skenario Keempat | 77 |
| Tabel 4.32 Akurasi CNN-KNN dengan Nilai K = 5 pada Skenario Keempat | 78 |
| Tabel 4.33 Akurasi CNN-KNN dengan Nilai K = 7 pada Skenario Keempat | 78 |
| Tabel 4.34 Akurasi CNN-KNN dengan Nilai K = 9 pada Skenario Keempat | 79 |
| Tabel 4.35 Akurasi CNN-SVM dengan Kernel Linear pada Skenario Keempat | 79 |
| Tabel 4.36 Akurasi CNN-SVM dengan Kernel Poly pada Skenario Keempat | 80 |
| Tabel 4.37 Akurasi CNN-SVM dengan Kernel RBF pada Skenario Keempat | 80 |
| Tabel 4.38 Akurasi CNN, KNN, dan SVM pada Skenario Keempat..... | 81 |
| Tabel 4.39 Akurasi Ensemble Classifier Skenario Keempat | 81 |
| Tabel 4.40 Classification Report Ensemble Classifier pada Skenario Keempat | 84 |
| Tabel 4.41 Evaluasi Akhir Ensemble Classifier | 85 |

DAFTAR KODE PROGRAM

| | |
|--|-----------|
| Kode Program 4.1 Praproses Data | 43 |
| Kode Program 4.2 Akuisisi Data..... | 45 |
| Kode Program 4.3 Model CNN | 47 |
| Kode Program 4.4 Pelatihan Model CNN..... | 48 |
| Kode Program 4.5 Evaluasi Model CNN | 48 |
| Kode Program 4.6 Pengambilan Fitur Vektor pada CNN..... | 49 |
| Kode Program 4.7 Klasifikasi dengan Model KNN | 50 |
| Kode Program 4.8 Klasifikasi dengan Model SVM | 51 |
| Kode Program 4.9 Ensemble Classifier | 51 |