

KLASIFIKASI POLA SIDIK JARI MENGGUNAKAN DENSENET-201

Tugas Akhir Skripsi



oleh:

**Neysa Natania Br.Singarimbun
71200661**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
TAHUN 2024**

KLASIFIKASI POLA SIDIK JARI MENGGUNAKAN DENSENET-201

Tugas Akhir Skripsi



Diajukan kepada Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana
Sebagai Salah Satu Syarat dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Komputer

Disusun oleh

Neysa Natania Br.Singarimbun

71200661

PROGRAM STUDI INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
TAHUN 2024

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

KLASIFIKASI POLA SIDIK JARI MENGGUNAKAN DENSENET-201

yang saya kerjakan untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada pendidikan Sarjana Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana, bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi kesarjanaan di lingkungan Universitas Kristen Duta Wacana maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jika dikemudian hari didapati bahwa hasil skripsi ini adalah hasil plagiasi atau tiruan dari skripsi lain, saya bersedia dikenai sanksi yakni pencabutan gelar kesarjanaan saya.

Yogyakarta, 4 November 2024



NEYSA NATANIA BR.
SINGARIMBUN
71200661



HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : KLASIFIKASI POLA SIDIK JARI
MENGGUNAKAN DENSENET-201
Nama Mahasiswa : NEYSA NATANIA BR. SINGARIMBUN
N I M : 71200661
Matakuliah : Skripsi (Tugas Akhir)
Kode : TI0366
Semester : Gasal
Tahun Akademik : 2024/2025

Telah diperiksa dan disetujui di
Yogyakarta,
Pada tanggal 14 November 2024

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Sri Suwarno, Dr. Ir. M.Eng.


Nugroho Agus Haryono, M.Si

PERNYATAAN PENYERAHAN KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : NEYSA NATANIA BR.SINGARIMBUN
NIM/NIP/NIDN : 71200661
Program Studi : Informatika
Judul Karya Ilmiah : KLASIFIKASI POLA SIDIK JARI MENGGUNAKAN
DENSENET-201

dengan ini menyatakan:

- a. bahwa karya yang saya serahkan ini merupakan revisi terakhir yang telah disetujui pembimbing/promotor/reviewer.
- b. bahwa karya saya dengan judul di atas adalah asli dan belum pernah diajukan oleh siapa pun untuk mendapatkan gelar akademik baik di Universitas Kristen Duta Wacana maupun di universitas/institusi lain.
- c. bahwa karya saya dengan judul di atas sepenuhnya adalah hasil karya tulis saya sendiri dan bebas dari plagiasi. Karya atau pendapat pihak lain yang digunakan sebagai rujukan dalam naskah ini telah dikutip sesuai dengan kaidah penulisan ilmiah yang berlaku.
- d. bahwa saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku berupa pencabutan gelar akademik jika di kemudian hari didapati bahwa saya melakukan tindakan plagiasi dalam karya saya ini.
- e. bahwa Universitas Kristen Duta Wacana tidak dapat diberi sanksi atau tuntutan hukum atas pelanggaran hak kekayaan intelektual atau jika terjadi pelanggaran lain dalam karya saya ini. Segala tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran dalam karya saya ini akan menjadi tanggung jawab saya pribadi, tanpa melibatkan pihak Universitas Kristen Duta Wacana.
- f. menyerahkan hak bebas royalti noneksklusif kepada Universitas Kristen Duta Wacana, untuk menyimpan, melestarikan, mengalihkan dalam media/format lain, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), dan mengunggahnya di Repositori UKDW tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan pemilik hak cipta atas karya saya di atas, untuk kepentingan akademis dan pengembangan ilmu pengetahuan.
- g. bahwa saya bertanggung jawab menyampaikan secara tertulis kepada Universitas Kristen Duta Wacana jika di kemudian hari terdapat perubahan hak cipta atas karya saya ini.

h. bahwa meskipun telah dilakukan pelestarian sebaik-baiknya, Universitas Kristen Duta Wacana tidak bertanggung jawab atas kehilangan atau kerusakan karya atau metadata selama disimpan di Repositori UKDW.

i. mengajukan agar karya saya ini: *(pilih salah satu)*

- ☐ Dapat diakses tanpa embargo.
- ☒ Dapat diakses setelah 2 tahun.*
- ☐ Embargo permanen.*

Embargo: penutupan sementara akses karya ilmiah.

*Halaman judul, abstrak, dan daftar pustaka tetap wajib dibuka.

Alasan embargo *(bisa lebih dari satu)*:

- ☐ dalam proses pengajuan paten.
- ☐ akan dipresentasikan sebagai makalah dalam seminar nasional/internasional.**
- ☐ akan diterbitkan dalam jurnal nasional/internasional.**
- ☐ telah dipresentasikan sebagai makalah dalam seminar nasional/internasional ... dan diterbitkan dalam prosiding pada bulan ... tahun ... dengan DOI/URL ... ***
- ☐ telah diterbitkan dalam jurnal ... dengan DOI/URL artikel ... atau vol./no. ... ***
- ☐ berisi topik sensitif, data perusahaan/pribadi atau informasi yang membahayakan keamanan nasional.
- ☐ berisi materi yang mengandung hak cipta atau hak kekayaan intelektual pihak lain.
- ☐ terikat perjanjian kerahasiaan dengan perusahaan/organisasi lain di luar Universitas Kristen Duta Wacana selama periode tertentu.
- ☐ Lainnya (mohon dijelaskan)

**Setelah diterbitkan, mohon informasikan keterangan publikasinya ke repository@staff.ukdw.ac.id.

***Tuliskan informasi kegiatan atau publikasinya dengan lengkap.

Yogyakarta, 28 November 2024

Mengetahui,

Yang menyatakan,


Sri Suwarno, Dr. Ir. M. Eng.

Tanda tangan & nama terang pembimbing



Neysa Natania Br. Singarimbun

Tanda tangan & nama terang pemilik karya/penulis
NIM 71200661

HALAMAN PENGESAHAN

KLASIFIKASI POLA SIDIK JARI MENGGUNAKAN DENSENET-201

Oleh: NEYSA NATANIA BR. SINGARIMBUN / 71200661

Dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi
Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana - Yogyakarta
Dan dinyatakan diterima untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Komputer
pada tanggal 23 Oktober 2024

Yogyakarta, 4 November 2024
Mengesahkan,

Dewan Penguji:

1. Sri Suwarno, Dr. Ir. M.Eng.
2. Nugroho Agus Haryono, M.Si
3. Matahari Bhakti Nendya, S.Kom., M.T.
4. Yuan Lukito, S.Kom., M.Cs.



Dekan

(Restyandito, S.Kom., MSIS, Ph.D.)

Ketua Program Studi

(Joko Purwadi, S.Kom., M.Kom.)

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS SECARA ONLINE UNIVERSITAS
KRISTEN DUTA WACANA YOGYAKARTA**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

NIM : 71200661
Nama : Neysa Natania Br.Singarimbun
Fakultas / Prodi : Teknologi Informasi / Informatika
Judul Tugas Akhir : KLASIFIKASI POLA SIDIK JARI
MENGUNAKAN DENSENET-201

bersedia menyerahkan Tugas Akhir kepada Universitas melalui Perpustakaan untuk keperluan akademis dan memberikan **Hak Bebas Royalti Non Eksklusif** (*Non-exclusive Royalty-free Right*) serta bersedia Tugas Akhirnya dipublikasikan secara online dan dapat diakses secara lengkap (*full access*).

Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Perpustakaan Universitas Kristen Duta Wacana berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk *database*, merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Yogyakarta, 18 November 2024

Yang menyatakan,



(71200661-Neysa Natania Br.Singarimbun)



Karya sederhana ini dipersembahkan
kepada Tuhan, Keluarga Tercinta,
dan Kedua Orang Tua



Segala sesuatu indah pada waktu-Nya

Anonim

Perjalanan ribuan mil dimulai dari langkah satu mil

(Pepatah Kuno)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan yang maha kasih, karena atas segala rahmat, bimbingan, dan bantuan-Nya maka akhirnya Tugas Akhir Skripsi dengan judul Klasifikasi Pola Sidik Jari Menggunakan DenseNet-201 ini telah selesai disusun.

Penulis memperoleh banyak bantuan dari kerja sama baik secara moral maupun spiritual dalam penulisan Tugas Akhir ini, untuk itu tak lupa penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan yang maha kasih,
2. Orang tua yang selama ini selalu menjadi pendukung nomor satu penulis , yang selalu mendoakan penulis di setiap perjalanan penulis menempuh pendidikan sampai di titik ini ,
3. Bapak Restyandito, S. Kom, M. SIS, Ph. D. selaku Dekan Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana.
4. Bapak Joko Purwadi, S.Kom., M.Kom. selaku Kaprodi Informatika Universitas Kristen Duta Wacana.
5. Sri Suwarno, Dr. Ir. M.Eng. selaku Dosen Pembimbing 1, yang telah memberikan ilmunya dan dengan penuh kesabaran membimbing penulis,
6. Nugroho Agus Haryono, M.Si, selaku Dosen Pembimbing 2, yang telah memberikan ilmu dan kesabaran dalam membimbing penulis,
7. Sepupu penulis, Rachel SetiaNegara, yang telah memberikan semangat buat penulis dalam pengerjaan skripsi ini.
8. Untuk teman-teman penulis , Effie, Valen, Edith, Sabrina, Aprilia, dan Tasya, yang telah saling menguatkan dalam pengerjaan skripsi, terima kasih atas kebersamaan dan canda tawa yang telah kita lewati selama ini.
9. Lain-lain yang telah mendukung moral, spiritual, dan dana untuk belajar selama ini.

Laporan proposal/tugas akhir ini tentunya tidak lepas dari segala kekurangan dan kelemahan, untuk itu segala kritikan dan saran yang bersifat membangun guna

kesempurnaan skripsi ini sangat diharapkan. Semoga proposal/tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca semua dan lebih khusus lagi bagi pengembangan ilmu komputer dan teknologi informasi.

Yogyakarta, 14 November 2024



Neysa Natania Br.Singarimbun

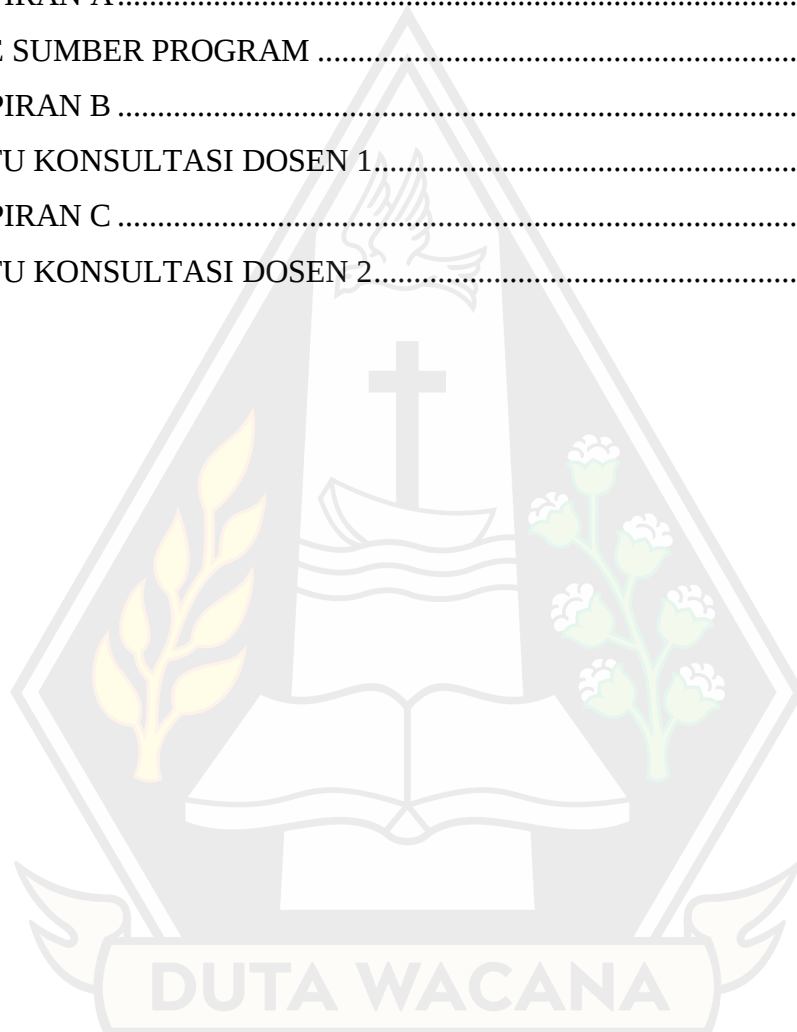


DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS SECARA ONLINE UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA YOGYAKARTA.....	vi
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
INTISARI.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
1.6. Metodologi Penelitian	3
1.7. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.1 Landasan Teori.....	7
2.2.1 <i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)</i>	7

2.2.2	Augmentasi Data.....	7
2.2.3	Machine Learning	8
2.2.4	Deep Learning.....	9
2.2.5	Convolutional Neural Network.....	10
2.2.6	<i>Algoritma Optimizer</i>	18
2.2.7	Transfer Learning.....	19
2.2.8	<i>DenseNet-201</i>	21
2.2.9	Sidik Jari.....	23
BAB III.....		25
METODOLOGI PENELITIAN.....		25
3.1.	Blok Diagram Penelitian.....	25
3.2.	Analisis Kebutuhan Sistem	26
3.3.	Metodologi Penelitian.....	27
3.3.1	Persiapan Data Citra.....	27
3.3.2	Preprocessing	28
3.3.3	Augmentasi	29
3.3.4	Pembagian Data (<i>Split Data</i>)	29
3.3.5	Transfer Learning dengan arsitektur DenseNet-201.....	29
3.3.6	Metode Evaluasi.....	31
BAB IV		33
IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN.....		33
4.1.	Persiapan dataset sidik jari	33
4.2.	Preprocessing	35
4.3.	Augmentasi Data.....	38
4.4.	Pembagian Dataset.....	39
4.5.	Tahap <i>Training</i> dengan Transfer Learning DenseNet-201	39
4.6.	Evaluasi Model.....	41
4.7.	Hasil Evaluasi.....	41
4.8.	Confusion Matrix	42

BAB V.....	44
KESIMPULAN DAN SARAN.....	44
5.1. Kesimpulan	44
5.2. Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN A.....	49
KODE SUMBER PROGRAM	49
LAMPIRAN B	56
KARTU KONSULTASI DOSEN 1.....	56
LAMPIRAN C	57
KARTU KONSULTASI DOSEN 2.....	57



DAFTAR TABEL

Table 3. 1 <i>Hyperparameter</i>	29
Table 4. 1 Proses perubahan nama file.....	33
Table 4. 2 Sebelum dan Sesudah Preprocessing	37
Table 4. 3 Tabel distribusi dataset.....	39
Table 4. 4 Hasil Evaluasi	41



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh Augmentasi Data (Putra, Isa, & Malyan, 2023)	8
Gambar 2. 2 Contoh Struktur Deep Learning (Nurhakiki & Yahfizham, 2024) ..	10
Gambar 2. 3 Arsitektur Convolutional Neural Network (CNN).....	11
Gambar 2. 4 Convolutional Layer (Santoso & Ariyanto, 2018)	12
Gambar 2. 5 Contoh Max Pooling (Putra, Isa, & Malyan, 2023)	13
Gambar 2. 6 Contoh proses <i>Average Pooling</i> (Putra, Isa, & Malyan, 2023).....	14
Gambar 2. 7 Fully Connected Layer (Awangga & Batubara, 2020)	14
Gambar 2. 8 Implementasi dropout (Setiawan,2022)	16
Gambar 2. 9 Perbedaan Machine Learning dan Transfer Learning	20
Gambar 2. 10 Arsitektur DenseNet-201.....	21
Gambar 2. 11 Tabel perbandingan Arsitektur DenseNet untuk Berbagai Varian.	22
Gambar 2. 12 Lima Pola Sidik Jari (Mirzaei, Bilglari, & Ebrahimpour-komleh, 2013)	24
 Gambar 3. 1 Alur Diagram Penelitian.....	 25
Gambar 3. 2 Folder sidik jari NIST	27
Gambar 3. 3 Deskripsi dari gambar	27
Gambar 3 4 Dataset sidik jari NIST	28
Gambar 3. 5 Arsitektur DenseNet-201.....	30
Gambar 4. 1 Gambar pola sidik jari dataset NIST	34
Gambar 4. 2 contoh gambar hasil augmentasi	39
Gambar 4. 3 Contoh hasil dari konvolusi denseblock pertama.....	40
Gambar 4. 4 Confusion Matrix RMSProp batch 32 epoch 10	42

INTISARI

KLASIFIKASI POLA SIDIK JARI MENGGUNAKAN DENSENET-201

Oleh

Neysa Natania Br.Singarimbun

71200661

Sidik jari memiliki peranan penting dalam teknologi biometrik. Tantangan yang muncul meliputi keragaman pola sidik jari dan kesulitan dalam memproses sejumlah besar data untuk pencocokan. Untuk mengatasi hal ini, salah satu pendekatan yang efektif adalah membagi sidik jari berdasarkan karakteristik khusus, sehingga proses identifikasi dapat menjadi lebih efisien.

Penelitian ini menggunakan DenseNet-201 dengan pendekatan *transfer learning* untuk mengklasifikasikan pola sidik jari. Untuk memaksimalkan performa model, data sidik jari melalui tahap *preprocessing* dan augmentasi data. Beberapa kombinasi *hyperparameter*, seperti jumlah *epoch*, ukuran *batch size*, dan jenis *optimizer*, diujicobakan untuk menemukan konfigurasi terbaik yang dapat menghasilkan akurasi yang cukup tepat dalam klasifikasi pola sidik jari yakni *Whorl*, *Arch*, *Left Loop*, *Rightloop*, dan *Tentarch*.

Hasil akurasi terbaik yang diperoleh oleh model DenseNet-201 adalah sebesar 96%, dengan nilai presisi, recall, dan F1-score masing-masing sebesar 95%. Hasil ini diperoleh dengan menggunakan *optimizer* RMSProp dengan *batch size* 32 dan jumlah *epoch* 10.

Kata-kata kunci : DenseNet-201, Pola Sidik Jari, Klasifikasi

ABSTRACT

FINGERPINT CLASSIFICATION USING DENSENET-201

By

Neysa Natania Br.Singarimbun

71200661

Fingerprint have an important role in biometric technology and security systems, used to protect data and identify individuals. The challenges include the diversity of fingerprint patterns and the difficulties in preprocessing a large amount of data for matching. One effective approach to address this issue is to categorize fingerprints based on specific characteristics, making the identification process more efficient.

This study uses DenseNet-201 with transfer learning a approach to classify fingerprint patterns. To maximize the model's performance, the fingerprint data underwent preprocessing and data augmentation steps. Several combinations of hyperparameters, such as the number of epochs, batch size, and types of optimizers, were tested to find the optimal configuration that could achieve accurate classification of fingerprint patterns, including Whorl, Arch, Left Loop, Right Loop, and Tented Arch.

The best accuracy achieved by the DenseNet-201 model is 96%, with precision, recall , and F1-score each reaching 95%. This result was obtained using RMSProp optimizer with a batch size of 32 and 10 epoch.

Keywords : *DenseNet-201, Fingerprint Pattern, Classification*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Penggunaan sidik jari sebagai metode biometrik telah menjadi semakin umum dalam berbagai aplikasi, termasuk pengamanan perangkat mobile, identifikasi kriminal, dan lainnya. Hal tersebut dikarenakan karakteristik unik dari sidik jari yang membuatnya menjadi salah satu metode yang dapat diandalkan untuk autentikasi identitas. Namun, penggunaan sidik jari di berbagai bidang juga menghadapi tantangan terutama dalam menangani volume data sidik jari yang sangat besar. Semakin banyak data yang disimpan didalam basis data, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk proses pencarian dan pencocokan, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi efisiensi sistem.

Berbagai pendekatan telah dilakukan untuk mengklasifikasikan pola sidik jari, menggunakan metode yang berbeda-beda atau mengkombinasikan satu metode dengan yang lainnya. Salah satu pendekatan yang sudah dilakukan untuk klasifikasi pola sidik jari ialah menggunakan jaringan saraf dalam (*deep learning*), yang efektif dalam menangani tugas klasifikasi dan pengenalan pola kompleks. Di antara banyak model jaringan saraf yang ada, DenseNet-201 menjadi salah satu model yang dipilih untuk penelitian ini.

Pendekatan yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan model DenseNet-201 dengan memanfaatkan data dari NIST yang sudah dilabelkan pola sidik jari. Penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi efektivitas DenseNet-201 dalam klasifikasi pola sidik jari, dengan harapan dapat memperoleh akurasi yang cukup besar dan efisiensi dalam sistem pengenalan biometrik.

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang ingin dibahas pada penelitian ini yaitu seberapa besar tingkat akurasi yang dapat diperoleh dalam klasifikasi pola sidik jari dengan memanfaatkan DenseNet-201.

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah, yaitu:

1. Klasifikasi pola sidik jari terdiri dari 5 kategori, yaitu yaitu *left loop* (L), *right loop* (R), *whorl* (W), *arch* (A), dan *tented arch* (T). Kelima kategori tersebut dapat mewakili berbagai jenis pola sidik yang ada dan juga merupakan kategori yang paling banyak digunakan.
2. Penelitian ini akan berfokus pada penggunaan arsitektur DenseNet-201 untuk klasifikasi pola sidik jari.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa baik kinerja dan seberapa akurat penggunaan metode DenseNet-201 dalam mengklasifikasi pola sidik jari.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat memberikan manfaat berikut.

1. Penelitian ini dapat menambah pemahaman ilmiah tentang penerapan arsitektur DenseNet-201 dalam klasifikasi pola sidik jari yang dapat digunakan untuk penelitian lanjutan di bidang ini.
2. Penelitian ini memiliki potensi untuk memberikan kontribusi dalam meningkatkan akurasi identifikasi individu berdasarkan pola sidik jari dengan memanfaatkan arsitektur DenseNet-201 yang menawarkan pendekatan lebih efisien dalam klasifikasi citra.

1.6. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan oleh peneliti adalah sebagai berikut:

1. Peneliti melakukan tinjauan literatur dengan mencari sumber referensi untuk mendukung riset dan memperluas pemahaman mengenai apa yang sedang ditelitinya.
2. Data sidik jari yang akan digunakan berasal dari *National Institute of Standards and Technology* (NIST). Format gambar adalah PNG.
3. Gambar akan di *preprocessing* terlebih dahulu lalu diaugmentasi untuk menambah variasi data.
4. Selanjutnya, data hasil *preprocessing* dan diaugmentasi dilakukan 3 pembagian, yaitu data *training*, data *testing*, dan data *validation*.
5. Selanjutnya, data di latih dengan *transfer learning* DenseNet 201, menggunakan pengaturan *hyperparameter* yang sudah ditentukan oleh peneliti, dengan tujuan mengoptimalkan hasil akurasi nanti.
6. Setelah proses pelatihan selesai, data *validation* akan digunakan untuk mengevaluasi model yang telah dilatih guna memastikan model tidak mengalami *overfitting*. Selanjutnya, data *testing* digunakan untuk melatih pengujian akhir pada model yang telah dilatih. Langkah ini bertujuan untuk melihat kinerja model pada data yang benar-benar baru dan tidak terlihat oleh model selama pelatihan.
7. Peneliti kemudian memilih model terbaik, lalu dilakukan evaluasi akhir terhadap hasil kinerja model.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan ini mengikuti struktur umum yang umumnya digunakan dalam penulisan karya ilmiah. Terdapat beberapa bab dan sub bab penulisan laporan yaitu meliputi Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Landasan teori, Metodologi Penelitian, Hasil dan Pembahasan, Kesimpulan dan saran. Berikut adalah penjelasan untuk setiap bagian:

- Bab I Pendahuluan

Pada bab ini akan memberikan gambaran mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan

- **Bab II Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori**

Pada bab ini peneliti akan mencantumkan penelitian yang telah ada sebelumnya sebagai referensi dalam mengerjakan penelitian ini. Landasan teori selanjutnya akan memberikan gambaran mengenai teori-teori yang digunakan, rumus, dan definisi yang digunakan dalam penelitian ini.

- **Bab III Metodologi Penelitian**

Pada bab ini berisi tahapan penelitian, pengumpulan data metode pengembangan sistem dan evaluasi.

- **Bab IV Implementasi dan Pembahasan**

Bab ini melibatkan implementasi yang menguraikan langkah-langkah yang diambil selama pelaksanaan penelitian. Selain itu, terdapat pemaparan yang melakukan analisis terhadap sistem agar dapat dievaluasi.

- **Bab V Kesimpulan dan Saran**

Pada bab ini akan berisi hasil penelitian yang akan menjadi pedoman dalam pembuatan kesimpulan dan saran untuk pengembangan selanjutnya

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan dan analisis dari penelitian yang telah dilakukan.

- Kinerja model terbaik dengan penggunaan optimasi RMSProp dengan kombinasi batchsize 32 dan epoch 10 memberikan performa terbaik dengan akurasi 0.96, presisi 0.95, recall 0.95, dan F1-score 0.95. Hasil ini menunjukkan bahwa konfigurasi tersebut mampu menghasilkan model yang cukup andal dalam mengenali pola sidik jari.
- Penggunaan SGD sebagai *optimizer* pada DenseNet-201 menghasilkan kinerja yang lebih rendah dibandingkan dengan optimizer lainnya.

5.2. Saran

Setelah melihat hasil penelitian ini, disarankan untuk melakukan eksperimen pada preprocessing citra agar memperbaiki kualitas citra terutama citra yang memiliki pola yang masih sulit dibedakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhinata, F. D., Rakhmadani, D. P., Wibowo, M., & Jayadi, A. (2021). A Deep Learning Using DenseNet201 to Detect Masked or Non-masked Face . *JUITA : Jurnal Informatika*.
- Aisyah, T., Indriasari, M., Ratnawati, E., Widyastuti, W., Indraswati, T. D., Sulistyoningi, M. M., . . . Destya, S. (2024). *Transformasi Digital*. Nusa Tenggara bARAT: Seval Literindo Kreasi (Penerbit SEVAL).
- Alom, M. Z., Taha, T. M., Yakopcic, C., Westberg, S., Sidike, P., Nasrin, M. S., . . . Asari, V. K. (2019). A State-of-the-Art Survey on Deep Learning Theory Architectures. *electornics*.
- Andriyani, W., Purnomo, R., Hendrawan, S. A., Irvani, A. I., Sujarwo, A., Asri, Y. N., . . . Yusuf, A. Y. (2024). *Data sebagai pondasi kecerdasan buatan*. Makassar: Tohar Media.
- Awangga, R. M., & Batubara, N. A. (2020). *Tutorial Object Detection Plate Number With Convolutional Neural Network (CNN)*. Bandung: Kreatif Industri Nusantara.
- Cholissondin, I., & Soebroto, A. A. (2019). Buku Ajar AI, Machine Learning & Deep Learning.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *DEEP LEARNING* . MIT Press.
- Haniffah, Z., Dirgantoro, B. U., & Ningsih, C. S. (2019). DETEKSI KEPRIBADIAN ANAK DENGAN SIDIK JARI MENGGUNAKAN METODE K-NEAREST NEIGHBOR (KNN) DAN DECISION TREE. *e-Proceeding of Engineering*.
- Hartatik, Koibur, M. E., Wahyu, A., Munawar, Z., Insany, G. P., Manurung, H. E., . . . S. (2023). *The Impact of Data Augmentation Techniques on the Recognition of Script Images in Deep Learning Models*. Kaizen Media Publishing.

- Hasan, N., Bao, Y., Shawon, A., & Huang, Y. (2021). DenseNet Convolutional Neural Networks Application for Predicting COVID-19 USING CT Image. *SN Computer Science*.
- Hou, Y., Wu.Zequan, Cai, X., & Zhu, T. (2024). The application of improved densenet algorithm in accurate image recognition. *scientific reports*.
- Huang, G., Liu, Z., & Maaten, L. v. (2018). Densely Connected Convolutional Networks. *arXiv*.
- Id, I. D. (2021). *MACHINE LEARNING Teori, Studi Kasus dan Implementasi Menggunakan Python*. Badan Penerbit Universitas Riau.
- Intyanto, G. W. (2021). Klasifikasi Citra Bunga dengan menggunakan Deep Learning: CNN (Convolutional Neural Network). *Jurnal Arus Elektro Indonesia (JAEI)*.
- Khumaidi, A., Nirmala, I. A., & Azhari, T. (2022). Algoritma long short term memory dengan Hyperparameter Tuning. In A. Khumaidi, I. A. Nirmala, & T. Azhari. Deepublish.
- Millstein, F. (2018). *Convolutional Neural Networks In Python*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Miranda, N. D., Novamizanti, L., & Rizal, S. (2020). CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK PADA KLASIFIKASI SIDIK JARI MENGGUNAKAN RESNET-50. *Jurnal Teknik Informatika*.
- Mirzaei, F., Bilglari, M., & Ebrahimpour-komleh, H. (2013). A Novel Rule-based Fingerprint Classification Approach. *International Journal of Digital Information and Wireless Communications*.
- Munawar, Z., Hasnawi, M., Beno, I. S., Darma, I. W., Sastradipraja, C. K., Sutramiani, N. P., . . . Indra, D. (2023). *Visi Komputer: Konsep, Metode, dan Aplikasi*. Bandung: Kaizen Media Publishing.
- Nurhakiki, J., & Yahfizham, Y. (2024). Studi di Kepustakaan : Pengenalan 4 Algoritma Pada Pembelajaran Deep Learning Beserta Implikasinya. *Jurnal Pendidikan Berkarakter*.

- Pradana, I. H. (2015). KLASIFIKASI CITRA SIDIK JARI BERDASARKAN ENAM TIPE PATTERN MENGGUNAKAN METODE EUCLIDEAN DISTANCE .
- Putra, R. R., Isa, I. G., & Malyan, A. B. (2023). *Buku Ajar Pengantar Deep Learning dalam Pemrosesan Citra*. Pekalongan: PT Nasya Expanding Management.
- Salim, V., Abdullah, A., & Utami, P. Y. (2024). Klasifikasi Citra Penyakit Tanaman Pada Daun Paprika Dengan Metode Transfer Learning Menggunakan DenseNet-201. *IJCS*.
- Santoso, A., & Ariyanto, G. (2018). IMPLEMENTASI DEEP LEARNING BERBASIS KERAS UNTUK PENGENALAN WAJAH. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*.
- Saputra, R. A., Putra, D. R., & Asyrofi, M. A. (2023). Implementasi Convolutional Neural Netwrok (CNN) Untuk Mendeteksi Penggunaan Masker pada Gambar. *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)*.
- Setiawan, W. (2020). *DEEP LEARNING menggunakan Convolutional Neural Network*. Media Nusa Creative.
- Setiawan, W. (2022). *Topik Khusus Kecerdasan Komputasional: Deep Learning untuk Image dan Speech Recognition*. MNC Publishing.
- Swastika, W. (2021). *Hyperparameter Tuning pada Convolutional Neural Network(CNN) untuk Deteksi Malaria*. Malang: Ma Chung Press.
- Wang, S.-H., & Sakk, E. (2023). The effect of activation function choice on the performance of convolutional neural networks. *JOURNAL OF EMERGING INVESTIGATORS*.
- Wijaya, I. R., Wisesty, U. N., & Faraby, S. A. (2017). Analisis dan Implementasi MetodeGaborFilterdanSupport Vector MachinepadaKlasifikasi Sidik Jari. *IND. JOURNAL ON COMPUTING*.
- Yamashita, R., Nishio, M., Do, R. K., & Togashi, K. (2018). Convolutional neural networks: an overview and application in radiology. *CrossMark*.

- Yang, W., Wang, S., Hu, J., Zheng, G., & Valli, C. (2019). Security and Accuracy of Fingerprint-Based Biometrics: A Review. *symmetry*.
- Yuadi, I. (2023). *Forensik Digital dan Analisis Citra*. AE MEDIA GRAFIKA.
- Yudistira, N. (2024). *DEEP LEARNING: TEORI, CONTOH PERHITUNGAN, DAN IMPLEMENTASI*. Yogyakarta: Deepublish Digital.
- Zabala-Blanco, D., Mora, M., Barrientos, R. J., Hernández-García, R., & Naranjo-Torres, J. (2020). Fingerprint Classification through Standard and Weighted Extreme Learning Machines. *applied sciences*.
- Zafar, I., Tzanidou, G., Burton, R., Patel, N., & Araujo, L. (2018). *Hands-On Convolutional Neural Networks with TensorFlow*. Birmingham: Packt Publishing Ltd.

