

**OPTIMASI ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL
NETWORK UNTUK MENGLASIFIKASIKAN ANGKA PADA
TULISAN TANGAN**



LAPORAN TUGAS AKHIR

Disusun untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Laporan Tugas Akhir

Pendidikan Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Elektro

Program Studi Teknik Telekomunikasi

Politeknik Negeri Sriwijaya

OLEH:

DINDA SEPTIANI

062040352248

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2024**

OPTIMASI ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
UNTUK MENGLASIFIKASIKAN ANGKA PADA TULISAN TANGAN



LAPORAN TUGAS AKHIR

Dibuat untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Laporan Tugas Akhir
Pendidikan Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Elektro
Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Sriwijaya

OLEH:

DINDA SEPTIANI

0620 4035 2248

Menyetujui,

Palembang, Oktober 2024

Pembimbing II

Pembimbing I

Mohammad Fadhli, S.Pd., M.T

NIP. 199004032018031001

Sopian Soim, S.T., M.T

NIP. 197103142001121001

Mengetahui,

Ketua Jurusan
Teknik Elektro

Ir. Iskandar Lutfi, M.T

NIP. 196501291991931002

Koordinator Program Studi
DIV Teknik Telekomunikasi

Lindawati S.T., M.T.I

NIP. 197105282006042001

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan:

Nama : Dinda Septiani
Jenis Kelamin : Perempuan
Tempat, Tanggal Lahir : Palembang, 22 September 2002
Alamat : Jl. Ketahun No. 01A
NPM : 062040352248
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi
Jurusan : Teknik Elektro
Judul Skripsi/Laporan : Optimasi Algoritma Convolutional Neural
Tugas Akhir : Network Untuk Mengklasifikasikan Angka Pada
Tulisan Tangan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Skripsi/Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri serta bebas dari tindakan plagiasi dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.
2. Dapat menyelesaikan segala urusan terkait pengumpulan revisi Skripsi/Laporan Tugas Akhir yang sudah disetujui oleh dewan penguji paling lama 1 bulan setelah ujian Skripsi/Laporan Tugas Akhir.
3. Dapat menyelesaikan segala urusan peminjaman/penggantian alat/buku dan lainnya paling lama 1 bulan setelah ujian Skripsi/Laporan Tugas Akhir.

Apabila dikemudian hari diketahui ada pernyataan yang terbukti tidak benar dan tidak dapat dipenuhi, maka saya siap bertanggung jawab dan menerima sanksi tidak diikutsertakan dalam prosesi wisuda serta dimasukkan dalam daftar hitam oleh jurusan Teknik Elektro sehingga berdampak tertundanya pengambilan Ijazah & Transkrip (ASLI & COPY). Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya dan dalam keadaan sadar tanpa paksaan.

Palembang, Agustus 2024

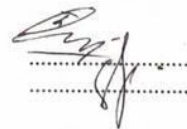
Yang Menyatakan



(Dinda Septiani)

Mengetahui,

Pembimbing I Mohammad Fadhli, S.Pd., M.T
Pembimbing II Sopian Soim, S.T., M.T



LEMBAR PERNYATAAN

Yang tertanda tanagn dibawah ini:

Nama : Dinda Septiani

NIM : 062040352248

Judul : **Optimasi Algoritma Convolutional Neural Network Untuk
Mengklasifikasikan Angka Pada Tulisan Tangan.**

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil penjiplakan / plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan / plagiat dalam laporan tugas akhir ini kecuali yang disebutkan sumbernya, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Politeknik Negeri Sriwijaya.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Palembang, Agustus 2024



Dinda Septiani

NIM 062040352248

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

- Q.S. Al-Baqarah (2): 286

“Life can be heavy especially if you try to carry it all at once. Part of growing up and moving into new chapters of your life is about catch and release. What I mean by that is, knowing what things to keep and what things to release. You can't carry all things, all grudges. Decide what is yours to hold and let the rest go. The scary news is, you're on your own now. But the cool news is, you're on your own now.” - Taylor Alison Swift

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada:

- Kedua orang tua saya yang menjadi sebuah alasan utama saya untuk dapat bertahan dalam setiap proses yang saya jalani selama perkuliahan, sebagai wujud dan tanggung jawab atas kepercayaan yang telah diamanatkan kepada saya serta atas cinta dan kasih sayang, kesabaran yang tulus ikhlas membesarkan, merawat dan memberikan dukungan moral dan material serta selalu mendoakan saya selama menempuh pendidikan D4 di Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Kakak - kakak saya yang menjadi salah satu sumber motivasi, dan selalu memberikan dukungan, serta mengajarkan untuk terus berusaha, memberi semangat dan contoh yang baik dalam menyelesaikan tanggung jawab yang telah diberikan, terima kasih sudah menjadi kakak - kakak yang membanggakan.
- Terima kasih yang sebesar - besarnya kepada Bapak Mohammad Fadhli, S.Pd., M.T dan Bapak Sopian Soim, S.T., M.T atas bimbingan, ilmu, dan nasihat yang sangat berharga selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
- Kepada seseorang yang kehadirannya begitu berarti, Noah. Terima kasih atas semangat, dukungan, dan nasihat yang selalu diberikan, serta telah setia menemani penulis sejak awal perkuliahan hingga saat ini.
- Teman-teman terdekat yang selalu ada untuk memberikan dukungan, motivasi, dan bantuan selama masa studi.
- Teman seperjuangan angkatan tahun 2020.

ABSTRAK

Perkembangan teknologi informasi dan kecerdasan buatan membuka peluang baru dalam pengolahan citra, termasuk pengenalan angka tulisan tangan. Pengenalan dan interpretasi angka tulisan tangan sangat penting dalam berbagai aplikasi modern. Salah satu metode yang efektif untuk pengenalan angka tulisan tangan adalah *Convolutional Neural Network* (CNN). Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam mengklasifikasi angka tulisan tangan. Melalui eksperimen dengan variasi jumlah lapisan CNN pada dataset MNIST, ditemukan bahwa model dengan 4 lapisan konvolusi mencapai akurasi tertinggi sebesar 92,41% dengan peningkatan akurasi yang signifikan dari setiap penambahan lapisan, terutama antara lapisan 1 ke 2 (18,36%) dan lapisan 2 ke 3 (21,26%). *Confusion matrix* mengonfirmasi bahwa model ini memiliki *precision*, *recall*, dan *f1-score* yang tinggi untuk semua digit, membuktikan keefektifannya dalam klasifikasi angka. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan lapisan secara signifikan meningkatkan kemampuan model dalam mengekstraksi fitur-fitur penting dari gambar. Model terbaik kemudian diimplementasikan ke dalam aplikasi web untuk memudahkan pengguna dalam mengenali angka tulisan tangan, dan disimpan dalam format h5 untuk implementasi lebih lanjut. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan sistem pengenalan karakter otomatis dan membuka peluang aplikasi di berbagai bidang.

Kata kunci: pengenalan karakter tulisan tangan, *Convolutional Neural Network*, deep learning, optimasi model.

ABSTRACT

Information technology and artificial intelligence development opens up new opportunities in image processing, including handwritten numeral recognition. The recognition and interpretation of handwritten numerals are essential in various modern applications. One effective method for handwritten number recognition is the Convolutional Neural Network (CNN). This research aims to optimize the performance of the Convolutional Neural Network (CNN) in classifying handwritten numerals. Through experiments with varying the number of CNN layers on the MNIST dataset, it was found that the model with 4 convolutional layers achieved the highest accuracy of 92.41% with a significant increase in accuracy with each additional layer, especially between layer 1 to 2 (18.36%) and layer 2 to 3 (21.26%). The confusion matrix confirms that the model has high precision, recall, and f1-score for all digits, proving its effectiveness in number classification. These results show that adding layers significantly improves the model's ability to extract important features from images. The best model was then implemented into a web application to facilitate users in recognizing handwritten numerals and saved in h5 format for further implementation. This research contributes to the development of automatic character recognition systems and opens up application opportunities in various fields.

Keywords: handwritten character recognition, Convolutional Neural Network, deep learning, model optimization.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “**Optimasi Algoritma *Convolutional Neural Network* Untuk Mengklasifikasikan Angka Pada Tulisan Tangan**” laporan tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi salah satu kurikulum di Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang.

Dengan selesainya laporan tugas akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada **Bapak Mohammad Fadhli, S.Pd., M.T dan Bapak Sopian Soim, S.T., M.T** selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak bimbingan dan masukan yang membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Selain itu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua dan saudara yang selalu memberikan dukungan kepada penulis
2. Bapak Ir. H. Irawan Rusnadi, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya
3. Bapak Ir. Iskandar Lutfi, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Bapak Destra Andika Pratama, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Ibu Lindawati, S.T., M.TI. selaku Ketua Program Studi DIV Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Bapak/Ibu Dosen Program Studi DIV Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Sriwijaya.
7. Dinah Salsabila, S.Tr.T dan Nadia Miranda, S.Tr.T yang menemani dan menghibur penulis selama mengerjakan tugas akhir.
8. Noayme Elotaiby, B.Eng. yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.
9. Teman teman angkatan 2020 Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi.

10. Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for, for never quitting, I wanna thank me for always being a giver, And tryna give more than I recieve, I wanna thank me for tryna do more right than wrong, I wanna thank me for just being me at all times.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan dan keterbatasan pada kemampuan yang penulis miliki. Akhir kata, semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi siapapun yang membacanya.

Palembang, 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
LEMBAR PERNYATAAN.....	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan	4
1.5. Manfaat	5
1.6. Metode Penulisan	5
1.7. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Tulisan tangan	7
2.2. Pengolahan Citra	8
2.3. <i>Machine Learning</i>	9
2.3.1 Paradigma Pembelajaran <i>Machine Learning</i>	9
2.4. <i>Supervised Learning</i>	11
2.5. <i>Convolution Neural Network (CNN)</i>	12
2.5.1 <i>Convolutional Layer</i>	13
2.5.2 <i>Pooling Layer</i>	14
2.5.3 <i>Fully Connected</i>	14
2.5.4 <i>Dropout</i>	15
2.5.5 <i>ReLU (Rectified Linear Units)</i>	15
2.6. <i>Python</i>	15
2.7. <i>Anaconda</i>	16
2.8. <i>Pycharm</i>	17
2.9. <i>Visual Studio Code</i>	17
2.10. Penelitian-Penelitian Sebelumnya.....	18
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	20
3.1 Kerangka Penelitian.....	20
3.2 Identifikasi Masalah.....	21
3.3 Pengumpulan Data.....	21
3.4 Pembuatan Model CNN.....	22
3.5 Pelatihan Model CNN.....	23

3.6	Evaluasi Model.....	24
3.7	Prinsip Kerja Website.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		29
4.1	Hasil Eksperimen.....	29
4.1.1	Hasil Arsitektur Model CNN dengan 1 Layer.....	29
4.1.2	Hasil Arsitektur Model CNN dengan 2 Layer.....	33
4.1.3	Hasil Arsitektur Model CNN dengan 3 Layer.....	37
4.1.4	Hasil Arsitektur Model CNN dengan 4 Layer.....	41
4.2	Pembahasan.....	45
4.3	Implementasi Model Terbaik ke Website.....	46
4.4	Hasil Percobaan Langsung pada Website.....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		50
5.1	Kesimpulan.....	50
5.2	Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....		52
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tulisan tangan.....	7
Gambar 2.2 Pengolahan Citra.....	8
Gambar 2.3 <i>Machine Learning</i>	9
Gambar 2.4 <i>Supervised Learning</i>	11
Gambar 2.5 Arsitektur Algoritma CNN	12
Gambar 2.5.1 <i>Convolution Layer</i>	13
Gambar 2.5.2 <i>Pooling Layer</i>	14
Gambar 2.5.3 <i>Fully Connected</i>	14
Gambar 2.5.4 Perbandingan dengan Dropout.....	15
Gambar 2.6 Icon Python	15
Gambar 2.7 Icon Anaconda	16
Gambar 2.8 Icon Pycharm	17
Gambar 2.9 Icon Visual Studio Code.....	17
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian.....	20
Gambar 3.2 Contoh Angka Gambar	22
Gambar 3.3 Flowchart Pembuatan Model.....	22
Gambar 3.4 Flowchart Training CNN.....	23
Gambar 3.5 Diagram Tampilan Website.....	26
Gambar 3.6 Prinsip Kerja.....	27
Gambar 4.1 <i>Code 1 Convolutional layer</i>	30
Gambar 4.2 Grafik Akurasi Model 1 Layer.....	31
Gambar 4.3 Grafik Loss Model 1 Layer.....	31
Gambar 4.4 Confusion Matrix pada 1 Layer.....	32
Gambar 4.5 <i>Code 2 Convolutional layer</i>	33
Gambar 4.6 Grafik Akurasi Model 2 Layer.....	34
Gambar 4.7 Grafik Loss Model 2 Layer.....	35
Gambar 4.8 Confusion Matrix pada 2 Layer.....	36
Gambar 4.9 <i>Code 3 Convolutional layer</i>	37
Gambar 4.10 Grafik Akurasi Model 3 Layer.....	38
Gambar 4.11 Grafik Loss Model 3 Layer.....	39
Gambar 4.12 <i>Confusion Matrix</i> pada 3 Layer.....	40
Gambar 4.13 <i>Code 4 Convolutional layer</i>	41
Gambar 4.14 Grafik Akurasi Model 4 Layer.....	42
Gambar 4.15 Grafik Loss Model 4 Layer.....	43
Gambar 4.16 <i>Confusion Matrix</i> pada 4 Layer.....	44
Gambar 4.17 Tampilan Home pada Website.....	47
Gambar 4.18 Tampilan Detection Pada Website.....	47
Gambar 4.19 Hasil Prediksi Angka.....	48
Gambar 4.20 <i>Confusion Matrix</i> pada 4 Layer.....	32

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian-Penelitian Sebelumnya	17
Tabel 4.1 Hasil <i>Confusion Matrix</i> pada 1 Layer	32
Tabel 4.2 Hasil <i>Confusion Matrix</i> pada 2 Layer	37
Tabel 4.3 Hasil <i>Confusion Matrix</i> pada 3 Layer	41
Tabel 4.4 Hasil <i>Confusion Matrix</i> pada 4 Layer	45
Tabel 4.5 Hasil Akurasi Model	45
Tabel 4.6 Hasil <i>Confusion Matrix</i> Model.....	46
Tabel 4.7 Hasil Percobaan Langsung	48

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Daftar Riwayat Hidup
- Lampiran 2** Lembar Kesepakatan Bimbingan Tugas Akhir Pembimbing I
- Lampiran 3** Lembar Kesepakatan Bimbingan Tugas Akhir Pembimbing II
- Lampiran 4** Lembar Bimbingan Tugas Akhir Pembimbing I
- Lampiran 5** Lembar Bimbingan Tugas Akhir Pembimbing II
- Lampiran 6** Lembar Rekomendasi Ujian Tugas Akhir
- Lampiran 7** Lembar Pelaksanaan Revisi Tugas Akhir
- Lampiran 8** Lembar *Letter of Acceptance* (LoA)
- Lampiran 9** Lembar Kode Pemrograman