

**PENERAPAN ALGORITMA *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*
UNTUK PENGENALAN KARAKTER TULISAN TANGAN**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat S-1
Program Studi Teknik Informatika



Disusun oleh:

SETO RAHARDYANTO

17106050014

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
2021**

PENGESAHAN TUGAS AKHIR



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1034/U.n.02/DST/PP.00.9/06/2021

Tugas Akhir dengan judul : PENERAPAN ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK PENGENALAN TULISAN TANGAN

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : SETO RAHARDYANTO
Nomor Induk Mahasiswa : 17106050014
Telah diujikan pada : Kamis, 24 Juni 2021
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Dr. Ir. Sholawatul Uyun, S.T., M.Kom.
SIGNED

Valid ID: 00010000400



Penguji I

Nurochman, S.Kom., M.Kom.
SIGNED

Valid ID: 6002007400000



Penguji II

Agus Mulyanto, S.Si., M.Kom.
SIGNED

Valid ID: 6002007400000



Yogyakarta, 24 Juni 2021

UDN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Dra. Hj. Khuril Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6002007400000

SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi

Lamp :

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Seto Rahardyanto
NIM : 17106050014
Judul Skripsi : Penerapan Algoritma *Convolutional Neural Network* untuk
Pengenalan Tulisan Tangan

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Teknik Informatika

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 17 Juni 2021

Pembimbing

Dr. Sofwatul Uyun, S.T., M.Kom.
NIP. 19820511 200604 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Seto Rahardianto
NIM : 17106050014
Program Studi : Teknik Informatika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "*Penerapan Algoritma Convolutional Neural Network untuk Pengenalan Tulisan Tangan*" merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat pada karya yang pernah di ajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi, dan bukan plagiasi karya orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 21 Juni 2021


Seto Rahardianto
NIM. 17106050014

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirabil'amin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan kenikmatan, kemudahan, dan kelancaran pada setiap tindakan yang kita lakukan dalam rahmat serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “Penerapan Algoritma *Convolutional Neural Network* untuk Pengenalan Karakter Tulisan Tangan” dengan lancar dan terselesaikan. Sholawat dan salam selalu tucurahkan kepada junjungan kita Rasulullah SAW, yang telah menuntun kita menuju ke zaman yang terang benderang, dan semoga kita semua mendapatkan syafaat di hari kiamat kelak.

Dalam penelitian ini penulis tidak akan dapat menyelesaikan tanpa dukungan serta bantuan, baik secara moril maupun materil dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya, kepada:

1. Bapak Prof. Dr.Phil. Al Makin, S.Ag., M.A., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Maria Ulfa Siregar, S.Kom., MIT., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

4. Ibu Maria Ulfa Siregar, S.Kom., MIT., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Ibu Dr. Sofwatul 'Uyun, S.T., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah membimbing serta memberikan koreksi kepada penulis selama pengerjaan skripsi ini.
6. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
7. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang sudah menjadi penyemangat dalam terwujudnya penelitian ini.
8. Sahabat-sahabatku, Fifi Nofena, Qomariyah, Pahlevi Wahyu, Hanif Manggala, dan sahabat-sahabat saya yang telah mendorong dan selalu memotivasi saya,
9. Teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penelitian ini.

Semoga Allah SWT membalas dengan balasan yang terbaik. Penulis menyadari dalam penulisan penelitian ini, penulis banyak melakukan kesalahan dan jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis juga memohon maaf serta menerima saran dan kritik yang sangat penulis perlukan untuk proses pembelajaran

penulis. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih,

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Juni 2021

Penulis

Seto Rahardyanto

17106050014



HALAMAN PERSEMBAHAN

*Skripsi ini di persembahkan untuk keluarga
dan teman-teman saya yang luar biasa.*

*Bapak dan Ibu yang selalu mendorong dan mendukung saya untuk menjadi
pribadi yang berani bermimpi dan terus bangkit dari kegagalan.*

*Teruntuk teman-temanku yang selalu ada dan bersama-sama selama menjalani
perjuangan baik di perkuliahan atau di dunia luar.*

*Rasa syukur kepada Allah SWT, yang memberikan saya kesempatan untuk selalu
memperbaiki diri dan pantang menyerah.*

*Terima kasih saya ucapkan sebesar-besarnya untuk keluarga dan teman-teman
saya yang telah menerima dan mendukung saya.*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN MOTTO

وَأَنَّ لِّیْسَ لِلْإِنْسَانِ إِلَّا مَا سَعَىٰ

“dan bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya,”

QS. An-Najm Ayat 39



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
HALAMAN MOTTO	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR RUMUS	xvii
INTISARI.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Keaslian Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Landasan Teori.....	14
2.2.1 Pengenalan Tulisan Tangan	14
2.2.2 Pengolahan Citra Digital	15
2.2.2.1 Pengertian Citra	15
2.2.2.2 Pengolahan Citra.....	17

2.2.2.2.1	Scaling	18
2.2.2.2.2	Konversi Citra RGB ke Grayscale	18
2.2.2.2.3	Citra Biner	20
2.2.2.2.4	Dilasi Citra	20
2.2.2.2.5	Rotasi Citra.....	21
2.2.2.2.6	Histogram Citra	22
2.2.2.2.7	Region of Interest (ROI).....	23
2.2.3	Convolutional Neural Network	24
2.2.3.1	Operasi Konvolusi	27
2.2.3.2	Pooling Layer.....	28
2.2.3.3	Fungsi Aktivasi ReLU	29
2.2.3.4	Batch Normalization Layer.....	30
2.2.3.5	Fully Connected Layer.....	31
2.2.3.6	Fungsi Aktivasi Softmax	32
2.2.3.7	EarlyStopping	32
2.2.3.8	Data Augmentation.....	33
2.2.4	Jupyter Notebook	33
2.2.5	Python	34
2.2.6	Flask	35
BAB III METODE PENELITIAN.....		36
3.1	Metode Penelitian.....	36
3.2	Obyek Penelitian	39
3.3	Metode Pengumpulan Data	39
3.3.1	Jenis Data	39
3.3.2	Sumber Data.....	40
3.4	Tahapan Penelitian	40
3.4.1	Pengambilan Data	40
3.4.2	Preprocessing Data.....	40
3.4.2.1	Preprocessing Data Latih dan Data Validasi	40
3.4.2.2	<i>Preprocessing</i> Data Uji.....	40

3.4.3	Skenario Pengembangan Model CNN	41
3.4.4	Hasil dan Analisis	42
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1	Pengumpulan Data	44
4.2	Preprocessing	46
4.2.1	Preprocessing Data Latih dan Data Validasi.....	46
4.2.2	Preprocessing Data Uji.....	46
4.3	Skenario Pengembangan Model CNN	50
4.3.1	Skenario Pengembangan Model CNN 1	53
4.3.2	Skenario Pengembangan Model CNN 2	61
4.3.3	Skenario Pengembangan Model CNN 3	70
4.3.4	Skenario Pengembangan Model CNN 4	73
4.4	Analisis.....	75
4.4.1	Analisis Pengujian Performa Model CNN	75
4.4.2	Pengujian Model CNN Terhadap Tulisan Tangan.....	79
BAB V	PENUTUP.....	82
5.1	Kesimpulan	82
5.2	Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA		84
CURICULUM VITAE		87

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka	10
Tabel 2.2 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)	11
Tabel 2.3 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)	12
Tabel 2.4 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)	13
Tabel 4.1 Arsitektur Model CNN terpilih dari Skenario pertama	60
Tabel 4.2 Fitur Tambahan (lanjutan).....	61
Tabel 4.3 Arsitektur Model CNN terpilih dari Skenario kedua	69
Tabel 4.4 Arsitektur Model CNN Pengembangan dari Skenario ketiga	71
Tabel 4.5 Arsitektur Model CNN Pengembangan dari Skenario keempat	73
Tabel 4.6 Arsitektur Model CNN Pengembangan dari Skenario keempat (lanjutan)	74
Tabel 4.7 Analisis Perbandingan Model CNN	76



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Koordinat Citra Digital	16
Gambar 2.2 Contoh citra dengan intensitas pada wilayah tertentu	16
Gambar 2.3 Ilustrasi image scaling	18
Gambar 2.4 Citra warna dengan komponen R (red), G (green), dan B (blue). ...	19
Gambar 2.5 Citra grayscale	19
Gambar 2.6 Citra Biner	20
Gambar 2.7 Proses dilasi menggunakan SE 3x3 dengan semua elemen SE bernilai 1.....	21
Gambar 2.8 Proses rotasi dengan variabel rotasi sebesar 750. (a) Citra awal (b) Citra hasil rotasi	22
Gambar 2.9 (a) Citra Grayscale (b) Histogram citra grayscale (c) Citra Biner (d) Histogram Citra Biner	23
Gambar 2.10 Segmentasi citra tulisan tangan	24
Gambar 2.11 Single Layer Neural Network.....	26
Gambar 2.12 Multi Layer Neural Network	26
Gambar 2.13 Arsitektur CNN.....	26
Gambar 2.14 Ilustrasi operasi konvolusi	28
Gambar 2.15 Ilustrasi pooling layer	29
Gambar 2.16 Aktivasi ReLU	30
Gambar 2.17 Aktivasi Softmax	32
Gambar 2.18 Contoh Augmentasi Data.....	33
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian.....	38
Gambar 4.1 Flowchart Proses Analisis.....	43
Gambar 4.2 Sampel dataset Kaggle.....	44
Gambar 4.3 Sampel Data Uji.....	45
Gambar 4.4 (a) Citra RGB memiliki 3-channel warna. (b) Citra Grayscale memiliki 1-channel warna.....	46
Gambar 4.5 Flowchart Preprocessing Data Uji	47
Gambar 4.6 Citra data uji dengan nilai height=200px	47
Gambar 4.7 Citra hasil operasi Smoothing Gaussian Blur	48
Gambar 4.8 Citra hasil operasi Adaptive Thresholding	48
Gambar 4.9 Citra Hasil operasi Dilasi.....	49
Gambar 4.10 Area cakupan Masking	49
Gambar 4.11 Hasil Citra setelah dibersihkan	49
Gambar 4.12 Citra hasil segmentasi menggunakan ROI.....	50
Gambar 4.13 Hasil Akhir Segmentasi	50
Gambar 4.14 Diagram strategi Arsitektur CNN	51
Gambar 4.15 Diagram strategi Arsitektur CNN (lanjutan)	52

Gambar 4.16 Diagram strategi Arsitektur CNN (lanjutan)	53
Gambar 4.17 Diagram Garis tingkat akurasi dari masing-masing percobaan jumlah layer konvolusi terhadap epoch.....	54
Gambar 4.18 Diagram Garis tingkat akurasi dari masing-masing percobaan jumlah feature maps terhadap epoch.	55
Gambar 4.19 Diagram Garis tingkat akurasi dari masing-masing percobaan jumlah dense layer terhadap epoch.	56
Gambar 4.20 Diagram Garis tingkat akurasi dari masing-masing percobaan rasio dropout terhadap epoch.	57
Gambar 4.21 Diagram Garis tingkat akurasi dari masing-masing percobaan penambahan fitur terhadap epoch.	58
Gambar 4.22 Diagram garis hasil pelatihan arsitektur terpilih dari skenario 1 yang telah dioptimasi	61
Gambar 4.23 Diagram alternatif tahap 5 dari skenario pengembangan model CNN	62
Gambar 4.24 Diagram Garis tingkat akurasi dari masing-masing percobaan jumlah layer konvolusi terhadap epoch.....	63
Gambar 4.25 Diagram Garis tingkat akurasi dari masing-masing percobaan jumlah feature maps terhadap epoch.	64
Gambar 4.26 Diagram Garis tingkat akurasi dari masing-masing percobaan jumlah dense layer terhadap epoch.	65
Gambar 4.27 Diagram Garis tingkat akurasi dari masing-masing percobaan rasio dropout terhadap epoch.	66
Gambar 4.28 Diagram Garis tingkat akurasi dari masing-masing percobaan jumlah layer dropout terhadap epoch.....	67
Gambar 4.29 Diagram Garis tingkat akurasi dari masing-masing percobaan penambahan fitur terhadap epoch.	68
Gambar 4.30 Diagram garis hasil pelatihan arsitektur terpilih dari skenario kedua yang telah dioptimasi	70
Gambar 4.31 Diagram garis hasil pelatihan arsitektur pengembangan dari skenario ketiga.....	72
Gambar 4.32 Confusion Matrix Pengujian Skenario Ketiga.....	72
Gambar 4.33 Diagram garis hasil pelatihan arsitektur pengembangan dari skenario keempat	74
Gambar 4.34 Diagram perbandingan epoch pada setiap skenario.....	77
Gambar 4.35 Diagram Perbandingan Waktu Pelatihan (dalam menit) pada setiap skenario	78
Gambar 4.36 Diagram perbandingan Akurasi Data Validasi dan Akurasi Data Uji pada setiap skenario	79
Gambar 4.37 Tampilan Halaman Muka Aplikasi.....	80

Gambar 4.38 Tampilan Halaman Hasil Pengenalan.....	81
---	----



DAFTAR RUMUS

Persamaan 2.1 Matriks Citra Digital	16
Persamaan 2.2 Operasi Dilasi.....	21
Persamaan 2.3 Operasi Rotasi Citra	22
Persamaan 2.4 Fungsi Aktivasi ReLU	29
Persamaan 2.5 Mean Pelatihan.....	30
Persamaan 2.6 Varian pelatihan	30
Persamaan 2.7 Masukan ke hidden ternormalisasi.....	30
Persamaan 2.8 Hasil Batch Normalization.....	30
Persamaan 2.9 Fungsi Aktivasi Softmax.....	32



Penerapan Algoritma *Convolutional Neural Network* untuk Pengenalan Karakter Tulisan Tangan

Seto Rahardyanto

17106050014

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Model *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk pengenalan karakter tulisan tangan. Dokumen lama yang memiliki informasi penting biasanya mudah rusak karena disimpan dalam media kertas. Peran pengenalan tulisan tangan adalah mengubah informasi yang terdapat dalam dokumen tersebut menjadi format digital yang dapat disimpan dalam waktu lama.

Penelitian ini menggunakan 3 jenis data, yakni data latih, data validasi dan data uji. Data latih dan data uji didapat dari *dataset* publik Kaggle. Sedangkan data uji dibuat sendiri oleh penulis. Data latih dan data validasi kemudian digunakan untuk mengembangkan model CNN, dan data uji dilakukan *preprocessing* untuk menghasilkan citra yang siap dikenali oleh model CNN.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa Arsitektur Model CNN terbaik untuk pengenalan karakter tulisan tangan abjad adalah Arsitektur Model CNN Skenario Keempat yang memperoleh akurasi data validasi sebesar 96.47% dan akurasi data uji (abjad) sebesar 93.05%. Arsitektur Model CNN terbaik untuk pengenalan karakter tulisan tangan abjad dan digit adalah Arsitektur Model CNN Skenario Ketiga yang memperoleh akurasi data validasi sebesar 94.70% dan akurasi data uji (abjad dan digit) sebesar 81.28%. Dikembangkan pula algoritma *preprocessing* data uji yang berhasil menghasilkan 93.18% citra yang dikenali pada citra data uji abjad, dan berhasil menghasilkan 93.63% citra yang dikenali pada citra data uji abjad dan digit.

Kata kunci: *convolutional neural network, preprocessing, tulisan tangan*

Application of Convolutional Neural Network Algorithm for Handwriting Character Recognition

Seto Rahardyanto

17106050014

ABSTRACT

This study aims to develop a Convolutional Neural Network (CNN) Model for the imposition of handwritten characters. Old documents that have important information are usually easily damaged because they are stored on paper media. The role of handwriting recognition is to convert the information contained in the document into a digital format that can be stored for a long time.

This study uses 3 types of data, namely training data, validation data and test data. Training data and test data are obtained from the Kaggle public dataset. While the test data is made by the author himself. The training data and validation data are then used to develop the CNN model, and the test data is preprocessed to produce images that are ready to be recognized by the CNN model.

The test results show that the best CNN Model Architecture for alphabetic handwritten character recognition is the Fourth Scenario CNN Architecture Model which obtained validation data accuracy of 96.47% and test data accuracy (alphabet) of 93.05%. The best CNN Model Architecture for recognizing alphabet and numeric handwritten characters is the Third Scenario CNN Architecture Model which obtained validation data accuracy of 94.70% and test data accuracy (alphabets and numbers) of 81.28%. A test data preprocessing algorithm was also developed which succeeded in producing 93.18% of the images recognized in the alphabetic test data image, and succeeded in producing 93.63% of the recognized images in the alphabetic and numeric test data images.

Keywords: convolutional neural network, preprocessing, handwriting

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering menyimpan informasi dalam media digital. Informasi yang disimpan dalam media digital lebih tahan lama dan dapat dengan mudah dilakukan pencadangan. Salah satu bentuk informasi yang tersimpan adalah tulisan tangan yang disimpan dalam sebuah gambar atau citra digital. Dokumen gambar tulisan tangan ini memuat informasi tulisan yang sebetulnya dapat diubah menjadi dokumen tulisan elektronik menggunakan algoritma pengenalan tulisan tangan. Dokumen elektronik memiliki keunggulan di antaranya memiliki ukuran yang lebih kecil, dan mudah diolah menjadi bentuk data yang lain.

Pengenalan tulisan tangan merupakan bagian dari pengenalan oleh komputer atau *computer recognition*. Pengenalan oleh komputer adalah proses otomatisasi yang menggunakan metode pengenalan pola dan pembelajaran mesin dengan tujuan mengenali pola karakter atau aksara yang diberikan. Pengenalan tulisan tangan berdasarkan masukan citranya dibagi menjadi 2, yaitu *online* dan *offline*. Pengenalan tulisan tangan *online* yaitu data dikumpulkan dalam format digital misalnya menggunakan *stylus*. Sedangkan pengenalan tulisan tangan *offline* yaitu sumber data diperoleh dari dokumen cetak yang dipindai terlebih dahulu.

Secara garis besar, proses pengenalan tulisan tangan *offline* yaitu: *image scanning*, *image preprocessing*, *segmentation*, dan *classification* (Putri & Kusnadi, 2018).

Pengenalan tulisan tangan juga dapat diaplikasikan untuk pengenalan pelat nomor kendaraan, penyortiran surat pos, pengenalan tulisan tangan di *form* cetak, dan lain-lain. Pengenalan tulisan tangan dapat membantu pemulihan atau penyimpanan dokumen cetak lama dengan cara mengubahnya menjadi dokumen digital.

Terdapat banyak algoritma yang dapat digunakan. Menurut penelitian, *Convolutional Neural Network* (CNN) menjadi algoritma terbaik untuk pengenalan tulisan tangan (Pradika, 2020). Pada penelitian ini, penulis hendak menemukan model terbaik menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* untuk pengenalan tulisan tangan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana menemukan model terbaik menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* untuk pengenalan tulisan tangan dan mengembangkan algoritma preprocessing untuk citra tulisan tangan pada data uji.

1.3 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Algoritma pengenalan tulisan tangan yang digunakan adalah *Convolutional Neural Network*,
2. Data citra tulisan tangan yang akan dijadikan sebagai data latih dan data validasi diunduh dari situs Kaggle,
3. Data citra tulisan tangan yang dijadikan data uji dibuat sendiri oleh penulis,
4. Data latih dan validasi sebagaimana yang telah dijelaskan dalam poin sebelumnya diambil huruf abjad kapital A-Z, a-z dan digit 1-9, diasumsikan sudah diklasifikasi dengan benar dan siap untuk dilakukan analisa,
5. Data uji sebagaimana yang telah dijelaskan dalam poin sebelumnya, dilakukan *preprocessing* sebelum dilakukan pengenalan,
6. Proses pengenalan dilakukan terhadap citra dengan karakter tulisan tangan tidak sambung dan satu baris.

1.4 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengimplementasikan algoritma *preprocessing* data uji untuk pengenalan tulisan tangan, dan
2. Mengimplementasikan algoritma *Convolutional Neural Network* untuk pengenalan tulisan tangan.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dengan hadirnya penelitian ini diharapkan:

1. Dapat mengimplementasikan algoritma *preprocessing* untuk pengenalan tulisan tangan, dan
2. Dapat mengimplementasikan algoritma *Convolutional Neural Network* untuk pengenalan tulisan tangan.

1.6 Keaslian Penelitian

Penelitian Pengenalan Tulisan Tangan Menggunakan Algoritma *Convolutional Neural Network* telah dilakukan sebelumnya. Namun penelitian yang diajukan sebagai Tugas Akhir S1 program studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga mengenai “Pengenalan Tulisan Tangan Menggunakan Algoritma *Convolutional Neural Network*” belum pernah dilakukan sebelumnya.

1.7 Sistematika Penulisan

Sebagai gambaran dan kerangka yang jelas mengenai pokok bahasan setiap bab dalam penelitian ini, maka diperlukan sistematika penulisan. Penyusunan laporan tugas akhir ini memiliki sistematika penulisan yang diawali dari BAB I dan diakhiri BAB V. Berikut adalah penjelasan pada tiap-tiap bab dalam laporan penelitian ini:

1. BAB I PENDAHULUAN Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, keaslian penelitian, dan sistematika penulisan.
2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI Bab ini berisikan tinjauan pustaka dari penelitian-penelitian sebelumnya dan teori-teori penunjang penelitian.
3. BAB III METODE PENELITIAN Bab ini berisi tentang uraian alur penelitian. Pada bab ini dijelaskan dengan detail langkah-langkah yang harus dilalui untuk mencapai tujuan penelitian dan mendapatkan simpulan akhir penelitian.
4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN Bab ini memuat penjabaran hasil analisis penelitian dan pembahasan yang sifatnya terpadu dan tidak dipecah menjadi sub bab tersendiri.
5. BAB V PENUTUP Bab ini berisikan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan *dataset* yang diunduh dari situs Kaggle sebagai data latih dan data validasi, serta data citra tulisan tangan buatan penulis sebagai data uji. Kemudian data tersebut digunakan untuk mengimplementasikan algoritma CNN menggunakan skenario pengembangan yang telah dijelaskan, serta mengimplementasikan algoritma *preprocessing* data uji citra tulisan tangan. Maka dapat disimpulkan bahwa Arsitektur Model CNN dengan akurasi tertinggi untuk pengenalan karakter tulisan tangan abjad adalah Arsitektur Model CNN Skenario Keempat yang memperoleh akurasi data validasi sebesar 69.79% dan akurasi data uji (abjad) sebesar 89.45%. Arsitektur Model CNN dengan akurasi tertinggi untuk pengenalan karakter tulisan tangan abjad dan digit adalah Arsitektur Model CNN Skenario Ketiga yang memperoleh akurasi data validasi sebesar 75.19% dan akurasi data uji (abjad dan digit) sebesar 72.07%. Dikembangkan pula algoritma *preprocessing* data uji yang menghasilkan 92.2% citra yang dikenali pada citra data uji abjad, dan menghasilkan 92.61% citra yang dikenali pada citra data uji abjad dan digit. Hasil implementasi algoritma CNN untuk pengenalan tulisan tangan dan *preprocessing* data uji citra tulisan tangan sudah cukup baik, meskipun belum maksimal. Hal ini dikarenakan masih terdapat misklasifikasi antara karakter tulisan tangan angka dan tulisan tangan abjad yang

memiliki bentuk serupa, serta data uji bersifat seragam yakni ditulis diatas kertas putih, belum dilakukan skenario untuk media yang lain.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, ada beberapa saran untuk dijadikan perbaikan penelitian berikutnya, yaitu:

1. Menambah jumlah data latih dan data validasi untuk menghindari *underfitting* dan misklasifikasi karena kemiripan bentuk karakter,
2. Menggunakan mesin komputasi yang lebih mumpuni agar waktu pelatihan dapat dilakukan secara cepat,
3. Mengimplementasikan algoritma *preprocessing* untuk mengolah citra tulisan tangan yang ditulis pada media selain kertas,
4. Mengimplementasikan algoritma *preprocessing* segmentasi yang dapat memisahkan karakter tulisan tangan sambung.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Falah, H. N., & Purnamasari, K. K. (2019). *Implementasi Convolutional Neural Network Pada Pengenalan Tulisan Tangan*. 112.
- Andono, P. N., T.Sutojo, & Muljono. (2017). *Pengolahan Citra Digital* (A. Pramesta (ed.)). Penerbit Andi. https://books.google.co.id/books?id=zUJRDwAAQBAJ&dq=pengolahan+citra+digital+adalah&lr=&source=gbp_navlinks_s
- Arrofiqoh, E. N., & Harintaka, H. (2018). Implementasi Metode Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Tanaman Pada Citra Resolusi Tinggi. *Geomatika*, 24(2), 61. <https://doi.org/10.24895/jig.2018.24-2.810>
- Aziz, N. U. R. C., Informatika, P. S., Komunikasi, F., Informatika, D. A. N., & Surakarta, U. M. (2021). *Implementasi algoritma knn untuk memprediksi potensi penyakit jantung dengan python flask*.
- Boulid, Y., Souhar, A., & Elkettani, M. Y. (2017). Handwritten Character Recognition Based on the Specificity and the Singularity of the Arabic Language. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 4(4), 45. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2017.446>
- Eka Putra, W. S. (2016). Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) pada Caltech 101. *Jurnal Teknik ITS*, 5(1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i1.15696>
- Fitriati, D. (2016). Perbandingan Kinerja CNN LeNet 5 Dan Extreme Learning Machine Pada Pengenalan Citra Tulisan Tangan Angka. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 2(1), 10–16.
- Ilahiyah, S., & Nilogiri, A. (2018). Implementasi Deep Learning Pada Identifikasi Jenis Tumbuhan Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Convolutional Neural Network. *JUSTINDO (Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi Indonesia)*, 3(2), 49–56.
- Jupyter, P. (2021). *Project Jupyter*. <https://jupyter.org/>
- Kuhlman, D. (2013). A Python Book. *A Python Book*, 1–227.
- Kumaseh, M. R., Latumakulita, L., & Nainggolan, N. (2013). Segmentasi Citra Digital Ikan Menggunakan Metode Thresholding. *Jurnal Ilmiah Sains*, 13(1), 74. <https://doi.org/10.35799/jis.13.1.2013.2057>
- Kusumanto, R. D., Tompunu, A. N., & Pambudi, S. (2011). Klasifikasi Warna Menggunakan Pengolahan Model Warna HSV Abstrak. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 2(2), 83–87.

- Maula, A. R., S, R. B., Hidayat, A. F., & Ardian, A. D. (2012). *Optical Character Recognition Dengan Metode Naive Bayes*.
- Mustafid, A., & 'Uyun, S. (2017). Segmentasi Citra Sapi Berbasis Deteksi Tepi Menggunakan Algoritma Canny Edge Detection. *Jurnal Buana Informatika*, 8(1). <https://doi.org/10.24002/jbi.v8i1.1074>
- Nafi'iyah, N. (2015). Algoritma Kohonen dalam Mengubah Citra Graylevel Menjadi Citra Biner. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, 9(2), 49–55. <https://jurnal.stmikasia.ac.id/index.php/jitika/article/view/125>
- Octariadi, B. C. (2020). PENGENALAN POLA TANDA TANGAN MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN BACKPROPAGATION. *Jurnal Teknoinfo*, 14(1), 15. <https://doi.org/10.33365/jti.v14i1.462>
- Pradika, S. ilham. (2020). *Pengenalan Tulisan Tangan Huruf Hijaiyah Menggunakan Metode Convolutional Neural Network*. 1, 98.
- Pratomo, A. H., Kaswidjanti, W., & Mu'arifah, S. (2020). Implementasi Algoritma Region of Interest (ROI) Untuk Meningkatkan Performa Algoritma Deteksi Dan Klasifikasi Kendaraan. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 7(1), 155–162. <https://doi.org/10.25126/jtiik.202071718>
- Prihatiningsih, S., Andriani, F., Nugraha, N., Gunadarma, U., Industri, F. T., Gunadarma, U., Gunadarma, U., & Barat, J. (2019). ANALISA PERFORMA PENGENALAN TULISAN TANGAN ANGKA BERDASARKAN JUMLAH ITERASI MENGGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK 1Siwi. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa Volume*, 24(1), 58–66.
- Putra, D. (2010). *Pengolahan Citra Digital* (Westriningsih (ed.); Issue April). Penerbit Andi. https://books.google.co.id/books?id=NectMutqXJAC&dq=pengertian+citra&lr=&source=gbs_navlinks_s
- Putri, F. P., & Kusnadi, A. (2018). Pengenalan Tulisan Tangan Offline Dengan Algoritma Generalized Hough Transform dan Backpropagation. *Jurnal ULTIMA Computing*, 10(1), 5–12. <https://doi.org/10.31937/sk.v10i1.890>
- Qudsi, N. K., Asmara, R. A., & Syulistyo, A. R. (2020). Identifikasi Citra Tulisan Tangan Digital Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN). *Seminar Informatika Aplikatif Polinema*, 48–53.
- Sam'ani, & Qamaruzzaman, M. H. (2017). Pengenalan Huruf Dan Angka Tulisan Tangan Menggunakan Metode Convolution Neural Network (CNN). *Journal Speed – Sentra Penelitian Engineering Dan Edukasi*, 9(2), 55–64.

- Sanjaya, J., & Ayub, M. (2020). Augmentasi Data Pengenalan Citra Mobil Menggunakan Pendekatan Random Crop, Rotate, dan Mixup. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 6(2), 311–323. <https://doi.org/10.28932/jutisi.v6i2.2688>
- Shamim, S. M., Miah, M. B. A., Sarker, A., Rana, M., & Jobair, A. Al. (2018). Handwritten digit recognition using machine learning algorithms. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 3(1), 29–39. <https://doi.org/10.17509/ijost.v3i1.10795>
- Wicaksana, P. A., Sudarma, I. M., & Khrisne, D. C. (2019). Pengenalan Pola Motif Kain Tenun Gringsing Menggunakan Metode Convolutional Neural Network Dengan Model Arsitektur. *Jurnal SPEKTRUM*, 6(3), 159–168.
- Zufar, M., & Setiyono, B. (2016). Convolutional Neural Networks Untuk Pengenalan Wajah Secara Real-Time. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 5(2), 128862. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v5i2.18854>