

Pengenalan Angka Tulisan Tangan yang Berorientasi Menggunakan
Metode CNN

Diajukan Sebagai Syarat untuk Menyelesaikan
Pendidikan Program Strata-1 Pada
Jurusan Teknik Informatika



Oleh :

Adrian Azwaltama

NIM : 09021381722148

Jurusan Teknik Informatika
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Pengenalan Angka Tulisan Tangan yang Berorientasi Menggunakan
Metode CNN

Oleh :

Adrian Azwaltama

NIM : 09021381722148

Palembang, Juli 2022

Pembimbing 1



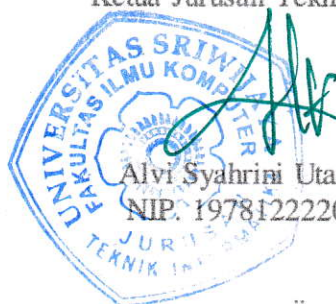
Muhammad Fachurrozi, M.T.
NIP. 198005222008121002

Pembimbing 2



M. Ourhanul Rizqie, Ph.D
NIP. 198712032022031006

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syahrini Utami, M.Kom
NIP. 197812222006042003

TANDA LULUS UJIAN SIDANG SKRIPSI

Pada hari Senin, Tanggal 18 Juli 2022 telah dilaksanakan ujian sidang skripsi oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya

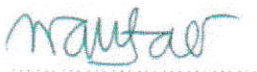
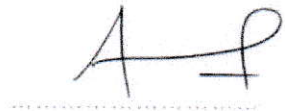
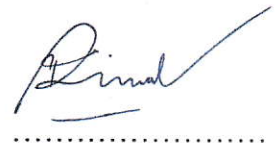
Nama : Adrian Azwaltama

NIM : 09021381722148

Judul : Pengenalan Angka Tulisan Tangan yang Berorientasi Menggunakan metode CNN

Dan Dinyatakan **LULUS**

1. Ketua Penguji
Mastura Diana Marieska, M.T.
NIP. 198603212018032001
2. Pembimbing 1
M. Fachrurrozi, S.Si., M.T.
NIP. 198005222008121002
3. Pembimbing 2
M. Qurhamul Rizqie, M.T
NIP. 198712032022031006
4. Penguji 1
Dr. Abdiansah, S.Kom, M.Cs
NIP. 198410012009121005
5. Penguji 2
M. Naufal Rachmatullah, M.T
NIP. 1992120120220310008



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syahri Utami, M.Kom
NIP. 197812222006042003

HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Adrian Azwaltama

NIM : 09021381722148

Judul : Pengenalan Angka Tulisan Tangan yang Berorientasi Menggunakan Metode CNN

Hasil Pengecekan Software

I Thenticate / Turnitin : 19%

Menyatakan bahwa Laporan proyek saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan proyek ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapapun.



Palembang, Juli 2022



Adrian Azwaltama
NIM. 09021381722148

Motto :

- “Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya...” – (QS 2:286)
- “Ridha Allah ada pada ridha kedua orang tua dan kemurkaan Allah ada pada kemurkaan kedua orang tua” (HR. Tirmidzi, Ibnu Hibban, Hakim)
- Jangan pernah berpikir “Gampang, tapi Susah”, tapi berpikirlah “Susah, tapi Gampang”
- Selalu beribadah dan bersyukur.

Kupersembahkan karya tulis ini kepada:

- Allah SWT.
- Orang Tua dan Keluarga Besar
- Dosen Pembimbing
- Sahabat dan Teman-teman seperjuangan
- Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

ORIENTED HANDWRITTEN NUMBER RECOGNITION USING CNN METHOD

By:

Adrian Azwaltama

NIM. 09021381722148

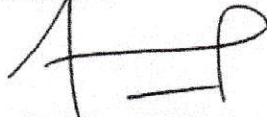
ABSTRACT

Handwriting is the result of human conscious and subconscious thoughts that describe or reflect the character of human personality. Handwriting recognition is divided into two types: online handwriting recognition and offline handwriting recognition. Hand recognition is used so that computers can recognize handwriting. From previous research, an experiment will be conducted to recognize inconsistent handwriting. It aims to build a system that can recognize inconsistent handwriting with the Convolutional Neural Network method consisting of Convolutional Layer, Subsampling and Full Connected Layer. Based on the test results using Confusion Matrix, the Recall value is 99.26%, the Precision value is 99.28% and the F-measure value is 99.72%. The F-measure value indicates the accuracy in identifying numbers is quite precise. With the F-measure value as the average of the precision and recall values, this system can be considered effective in recognizing handwritten numbers that are oriented and have a balance in the data.

Keywords: Handwriting, Convolutional Neural Network (CNN), Handwritten Number Recognition, Confusion Matrix

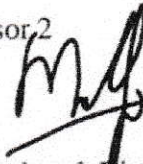
Palembang, July, 2022

Advisor 1



Muhammad Fachurrozi, M.T.
NIP. 198005222008121002

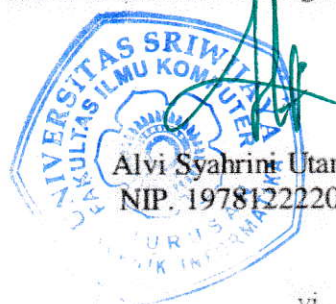
Advisor 2



M. Qurhanul Hizqie, Ph.D
NIP. 198712032022031006

Knowing,

Head of Informatics Engineering Department



Alvi Syahrini Utami, M.Kom
NIP. 197812222006042003

PENGENALAN ANGKA TULISAN TANGAN YANG BERORIENTASI MEENGGUNAKAN METODE CNN

Oleh:

Adrian Azwaltama

NIM. 09021381722148

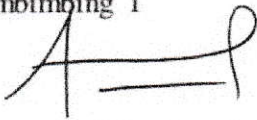
ABSTRAK

Tulisan tangan merupakan hasil dari pikiran sadar dan bawah sadar manusia yang menggambarkan atau mencerminkan karakter kepribadian manusia. Pengenalan tulisan Pengenalan tulisan tangan dibagi menjadi dua macam yaitu pengenalan tulisan tangan secara *online* dan pengenalan tulisan tangan secara *offline*. Pengenalan tangan digunakan agar komputer bisa mengenali tulisan tangan. Dari penelitian sebelumnya akan dilakukan sebuah percobaan untuk mengenali tulisan tangan yang tidak konsisten. Hal ini bertujuan untuk membangun sistem yang dapat mengenali tulisan tangan yang tidak konsisten dengan metode *Convolutional Neural Network* yang terdiri dari *Convolutional Layer*, *Subsampling* dan *Full Connected Layer*. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan *Confusion Matrix*, nilai *Recall* sebesar sebesar 99.26%, nilai *Precision* sebesar 99.28% dan nilai *F-measure* sebesar 99.72%. Nilai *F-measure* menandakan ketepatan dalam mengidentifikasi angka cukup tepat. Dengan nilai *F-measure* sebagai rata-rata dari nilai *precision* dan *recall*, sistem ini dapat dinilai efektif dalam mengenali angka tulisan tangan yang berorientasi dan memiliki keseimbangan pada data.

Kata Kunci: Tulisan Tangan, *Convolutional Neural Network* (CNN), Pengenalan Angka Tulisan Tangan, *Confusion Matrix*

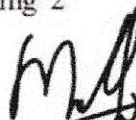
Palembang, Juli 2022

Pembimbing 1



Muhammad Fachurrozi, M.T.
NIP. 198005222008121002

Pembimbing 2



M. Ourhapat Rizo, Ph.D
NIP. 198712032022031006

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syahrini Utami, M.Kom
NIP. 197812222006042003

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. Atas segala rahmat dan karunia-Nya lah penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul “Pengenalan Angka Tulisan Tangan yang Berorientasi Menggunakan Metode CNN”. Shalawat diiringi salam tak lupa penulis hadiahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW. Semoga ibu dan ayah penulis, saudara serta kaum muslimin mendapat syafaat Beliau di Yaumul Mahsyar kelak. Amin ya Rabbal` Alamin. Skripsi ini disusun dan diajukan untuk memenuhi syarat perolehan gelar sarjana (S.Kom) pada Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Untuk selanjutnya penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini, yaitu:

1. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd., M.T. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya
2. Ibu Alvi Syahrini Utami., M.Kom., selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika.
3. Bapak M. Fachurrozi, M.T. dan bapak M. Qurhanul Rizqie, Ph.D. selaku dosen pembimbing 1 dan dosen pembimbing 2 penulis, yang telah sangat banyak membantu, membimbing, mengarahkan, memberi masukan dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Dr. Abdiansah, S.Kom., M.Cs dan bapak M. Naufal Rachmatullah, M.T., selaku dosen penguji penulis, yang telah memberi saran dan masukan agar penulisan skripsi ini dapat menjadi lebih baik.
5. Seluruh dosen yang telah mengajarkan penulis dengan memberikan informasi, pembelajaran, ilmu berharga dalam dunia perkuliahan penulis.
6. Mbak Wiwin Juliani, selaku Admin jurusan Teknik Informatika Bilingual, yang membantu dalam proses administrasi selama perkuliahan penulis.
7. Orang tuaku; Irwansyah dan Hidayaturrahma, S.Pd., M.Si., yang sangat berperan dalam membantu penulis, dengan mendo'akan dan memberi dukungan baik dalam segi moril maupun materi kepada penulis.
8. Keluarga Besarku yang telah memberikan dukungan, hiburan, arahan, bahkan materi yang membuat penulis sangat terbantu dalam menyelesaikan perkuliahan dan skripsi ini.
9. Teman-teman discord “Renoga123” dikhususkan kepada M. Imam Renaldy Gumay, Berlian M. Naufal, M. Aldi Ariqi, M. Rafly Hafizin, Anang Nugraha, dan M. Aldi Riansyah(a.k.a Cringe) yang telah memberikan banyak bantuan kepada penulis baik selama masa perkuliahan maupun selama skripsi.
10. Hezar Muhammad, selaku teman semenjak SMA yang telah membantu dalam proses penyelesaian skripsi penulis.
11. Teman-teman satu kelas “Tibil Baper” dan satu jurusan teknik informatika yang selalu kompak dan sukses selalu.
12. Beserta semua & seluruh pihak yang membantu yang tidak dapat penulis tulis satu persatu dan yang mungkin belum penulis tuliskan mohon dimaafkan.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan skripsi ini, dan skripsi ini jauh dari kata sempurna karena keterbatasan ilmu, kemampuan, dan pengalaman, yang dimiliki. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat membantu dan bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Palembang, Juli 2022

Adrian Azwaltama

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	vi
TANDA LULUS UJIAN SKRIPSI	vi
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	vi
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRACT	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR PERSAMAAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Pendahuluan	I-1
1.2 Latar Belakang	I-1
1.3 Rumusan Masalah	I-3
1.4 Tujuan Penelitian	I-3
1.5 Manfaat Penelitian	I-3
1.6 Batasan Penulisan	I-3
1.7 Sistematika Penulisan	I-3
1.8 Kesimpulan	I-5
BAB II KAJIAN LITERATUR	II-1
2.1 Pendahuluan	II-1
2.2 Landasan Teori	II-1
2.2.1 Digit	II-1
2.2.2 Tulisan Tangan	II-2

2.2.3	<i>Handwriting Recognition</i>	II-4
2.2.4	<i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	II-6
2.2.5	<i>Confusion Matrix</i>	II-12
2.2.6	<i>Rational Unified Process (RUP)</i>	II-15
2.3	Penelitian Lain yang Relevan	II-18
2.4	Kesimpulan	II-21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		III-1
3.1	Pendahuluan	III-1
3.2	Pengumpulan Data	III-1
3.2.1	Jenis Data.....	III-1
3.2.2	Tahapan Pengumpulan Data	III-2
3.3	Tahapan Penelitian	III-2
3.3.1	Kerangka Kerja	III-3
3.3.2	Kriteria Pengujian	III-4
3.3.3	Format Data Pengujian	III-4
3.3.4	Alat yang digunakan dalam Pelaksanaan Penelitian	III-5
3.3.5	Pengujian Penelitian.....	III-5
3.3.6	Analisa Hasil Pengujian dan Membuat Kesimpulan Penelitian	III-6
3.4	Metode Pengembangan Perangkat Lunak	III-6
3.5	Manajemen Proyek Penelitian.....	III-9
BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK		IV-1
4.1	Pendahuluan	IV-1
4.2	Fase <i>Inception</i>	IV-1
4.2.1	Pemodelan Bisnis	IV-1
4.2.2	Kebutuhan Sistem	IV-2
4.2.3	Analisis dan Desain	IV-2
4.2.4	Implementasi.....	IV-3
4.3	Fase <i>Elaboration</i>	IV-6
4.3.1	Pemodelan Bisnis	IV-6
4.3.2	Kebutuhan	IV-7

4.3.3	Analisis dan Desain	IV-8
4.3.4	Implementasi.....	IV-8
4.4	Fase <i>Construction</i>	IV-9
4.4.1	Kebutuhan	IV-9
4.4.2	Analisis dan Desain	IV-9
4.4.3	Implementasi.....	IV-10
4.4.4	Pengujian	IV-12
4.5	Fase <i>Transition</i>	IV-13
4.5.1	Pemodelan Bisnis	IV-13
4.5.2	Kebutuhan Sistem	IV-13
4.5.3	Implementasi.....	IV-13
4.5.4	Pengujian <i>Black Box</i>	IV-14
4.6	Kesimpulan	IV-15
 BAB V HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN		V-1
5.1	Pendahuluan	V-1
5.2	Hasil Percobaan Penelitian	V-1
5.3	Analisis Hasil Penelitian	V-2
5.4	Kesimpulan	V-3
 BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		VI-1
6.1	Pendahuluan	VI-1
6.2	Kesimpulan	VI-1
6.3	Saran.....	VI-1
 DAFTAR PUSTAKA		xvi

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel III- 1 Tabel Kriteria Penilaian.....	III-4
Tabel III-2 Rancangan Tabel Hasil Pengujian Pengenalan Angka Tulisan Tangan yang Berorientasi Menggunakan Metode CNN	III-5
Tabel III- 3 Tahap Pengembangan Perangkat Lunak Menggunakan Model Ration Unified Process (RUP)	III-7
Tabel IV- 1 Kebutuhan Fungsional	IV-2
Tabel IV- 2 Kebutuhan non-fungsional	IV-2
Tabel IV-3 Definisi Aktor	IV-4
Tabel IV-4 Definisi Use Case	IV-5
Tabel IV-5 Skenario Use Case Menghasilkan Hasil Pengenalan Angka	IV-5
Tabel IV- 6 Rencana Pengujian BlackBox.....	IV-13
Tabel IV- 7 Hasil Testing dengan metode BlackBox.....	IV-15
Tabel V- 1 Hasil Tiap Angka berdasarkan Recall dan Precision	V-1
Tabel V- 2 Hasil Pengujian Klasifikasi	V-3

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar II - 1	Arsitektur CNN yang lebih detail.....	II-7
Gambar II - 2	Gambar RGB.....	II-7
Gambar II - 3	Feature Map.....	II-8
Gambar II - 4	Max Pooling.....	II-11
Gambar II - 5	Confusion Matrix untuk Binary Classification.....	II-12
Gambar II - 6	Confusion Matrix untuk Multi Class.....	II-14
Gambar II - 7	Rational Unified Process (RUP).....	II-17
Gambar III - 1	Digit Dataset MNIST.....	III-1
Gambar III - 2	Arsitektur Model.....	III-3
Gambar IV - 1	Use case Diagram.....	IV-4
Gambar IV - 2	Aktivitas Menampilkan Hasil Pengenalan.....	IV-6
Gambar IV - 3	Diagram Sequence Hasil Pengenalan.....	IV-8
Gambar IV - 4	Diagram Kelas Pengenalan.....	IV-9
Gambar IV - 5	Angka 0.....	IV-10
Gambar IV - 6	Angka 1.....	IV-10
Gambar IV - 7	Angka 2.....	IV-11
Gambar IV - 8	Angka 3.....	IV-11
Gambar IV - 9	Angka 4.....	IV-11
Gambar IV - 10	Angka 5.....	IV-11
Gambar IV - 11	Angka 6.....	IV-12
Gambar IV - 12	Angka 7.....	IV-12
Gambar IV - 13	Angka 8.....	IV-12
Gambar IV - 14	Angka 9.....	IV-12
Gambar IV - 15	Lapisan Model.....	IV-14
Gambar IV - 16	Training Model.....	IV-14
Gambar IV - 17	Hasil Training.....	IV-14
Gambar V - 1	Hasil Analisis Confusion Matrix.....	V-2

DAFTAR PERSAMAAN

Halaman

Persamaan II - 1 Algoritma Menghitung Dimensi Feature Map	II-10
Persamaan II - 2 Rumus Hitung Akurasi	II-13
Persamaan II - 3 Rumus Hitung Presisi	II-13
Persamaan II - 4 Rumus Hitung Recall	II-14
Persamaan II - 5 Rumus Hitung F1-Score	II-14

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Pada bab pendahuluan akan membahas latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Bab ini juga berisikan penjelasan mengenai gambaran umum dari keseluruhan kegiatan yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir.

1.2 Latar Belakang

Tulisan tangan merupakan hasil kesadaran dan alam bawah sadar manusia yang menjelaskan atau mencerminkan ciri-ciri karakter manusia (Safitri & Wulanningrum, 2020). Pengenalan tulisan tangan digunakan agar komputer bisa mengenali tulisan tangan. Tulisan tangan dapat dilakukan dengan GUI untuk menulis angka atau dengan mengambil gambar angka tersebut.

Convolutional Neural Network atau *CNN*, merupakan metode yang sering digunakan untuk menganalisis citra visual. Metode ini banyak digunakan untuk pengenalan objek seperti, Otentikasi tanda tangan di bank, mengenali alamat kode POS pada Surat, bukti forensik, dan lain-lain. Penelitian yang dilakukan oleh (Prihatiningsih et al., 2019) menganalisa pengenalan tulisan tangan angka menggunakan metode *CNN*. Hasil akurasi yang didapatkan cukup tinggi namun penelitian ini belum menggunakan GUI sebagai perangkat input digit.

Penelitian yang dilakukan oleh (Fitriana, 2021) menggunakan *United Moment Invariant (UMI)* dan *Self Organizing Maps (SOM)*. Penelitian ini tidak menggunakan metode CNN, dan memiliki data *primer* dan data *sekunder*. Penelitian serupa dilakukan oleh (Ahlawat et al., 2020) menggunakan metode *CNN* yang sudah ditingkatkan dan memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Penelitian ini tidak menggunakan inputan tulisan tangan secara langsung.

Pada pengenalan digit tulisan tangan, *CNN* merupakan metode yang cocok digunakan daripada metode pengenalan lain nya seperti *SVM*. Sebagai salah satu pengklasifikasi dasar *SVM* memang lebih cepat dari metode lainnya dan memberikan akurasi *training* yang maksimal namun tidak mungkin mengklasifikasikan gambar yang kompleks dan ambigu. *CNN* mengekstrak fitur dari gambar input dan waktu berjalan yang maksimum sehingga saat testing dataset *CNN* memiliki tingkat akurasi tinggi.

Metode *CNN* yang dilakukan pada penelitian ini berfokus pada pengenalan digit tulisan tangan yang mampu mengenali digit berorientasi. Penggunaan sudut berorientasi dikarenakan untuk membantu dalam mengenali tulisan tangan yang tidak konsisten. Penelitian ini menggunakan sudut sebesar ± 20 derajat untuk melihat apakah tingkat *recognition* lebih besar dari 10 derajat dari penelitian oleh (Gattal & Chibani, 2012) yang mendapatkan hasil sebesar 92.64. Dataset yang digunakan berupa citra digital. Hasil yang ingin dicapai untuk metode ini adalah memiliki akurasi tinggi dan ketepatan dalam pengenalan digit berorientasi.

1.3 Rumusan Masalah

Berikut adalah rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini:

1. Bagaimana implementasi metode CNN pada pengenalan angka tulisan tangan yang memiliki sudut yang berorientasi?
2. Bagaimana tingkat akurasi pada pengenalan angka tulisan tangan yang memiliki sudut yang berorientasi menggunakan metode CNN?

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengimplementasikan *CNN* sebagai metode pengembangan perangkat lunak untuk pengenalan digit tulisan tangan yang berorientasi.
2. Mengukur tingkat akurasi pengenalan metode *CNN* yang digunakan dalam penelitian.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi penerapan metode CNN saat mengenali angka tulisan tangan pada sudut yang Berorientasi.
2. Hasil pengenalan dapat mengenali digit yang berorientasi.

1.6 Batasan Penulisan

1. Digit yang digunakan berupa 1 digit dari 0-9.
2. Orientasi digit maksimal sebesar ± 20 derajat.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistem penulisan proyek disertasi ini mengikuti kriteria penulisan disertasi di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.:

BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II. KAJIAN LITERATUR

Pada bab ini membahas dasar-dasar teori yang akan digunakan dalam penelitian definisi metode Fully Convolutional Network dan 3 metode lainnya untuk mendukung metode Fully Convolutional Network.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini. Masing-masing rencana tahapan penelitian dideskripsikan dengan rinci dengan mengacu pada suatu kerangka kerja. Di akhir bab ini berisi perancangan manajemen proyek pada pelaksanaan penelitian.

BAB IV. PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK

Pada Bab ini Akan dibahas mengenai perancangan dan lingkungan implementasi sistem klasifikasi, implementasi program pengenalan tulisan tangan, hasil eksekusi dan hasil pengujian.

BAB V. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

Pada Bab ini, hasil pengujian berdasarkan langkah-langkah yang telah direncanakan disajikan. Analisis diberikan sebagai dari kesimpulan yang diambil dalam penelitian ini

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dari semua uraian-uraian pada bab sebelumnya dan juga berisi saran yang diharapkan berguna dalam penerapan sistem klasifikasi penentuan penerima beasiswa dengan metode Naïve Bayes Classifier.

1.8 Kesimpulan

Dari pendahuluan ini, telah diuraikan secara umum pokok-pokok pikiran yang melandasi penelitian yang akan dilakukan, meliputi latar belakang dan rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, dan uraian yang sistematis

DAFTAR PUSTAKA

- Admin. (2021). *Apa yang dimaksud dengan Digit | Konsep pentingnya – Pengertian Apa-itu.net*. <https://pengertian.apa-itu.net/apa-yang-di-maksud-dengan-digit.html>
- Ahlawat, S., Choudhary, A., Nayyar, A., Singh, S., & Yoon, B. (2020). Improved handwritten digit recognition using convolutional neural networks (Cnn). *Sensors (Switzerland)*, 20(12), 1–18. <https://doi.org/10.3390/s20123344>
- Different Types of Handwriting - Teaching Wiki Guide*. (n.d.). Retrieved January 18, 2022, from <https://www.twinkl.co.id/teaching-wiki/handwriting>
- Fitriana, G. F. (2021). *Pengenalan Tulisan Tangan Angka menggunakan Self Organizing Maps (SOM)*. 3(1), 31–42. <https://doi.org/10.47065/bits.v3i1.1002>
- Gattal, A., & Chibani, Y. (2012). Segmentation and recognition strategy of handwritten connected digits based on the oriented sliding window. *Proceedings - International Workshop on Frontiers in Handwriting Recognition, IWFHR, September*, 297–301. <https://doi.org/10.1109/ICFHR.2012.265>
- Gonia, M. F. (2009). *Pengembangan Multimedia Interaktif untuk Assesmen Pembelajaran Pembiasan Cahaya*. 50.
- Kim, J. H., & Sin, B. K. (2014). Online handwriting recognition. *Handbook of*

Document Image Processing and Recognition, 7(4), 887–915.

https://doi.org/10.1007/978-0-85729-859-1_29

Prihatiningsih, S., M, N. S., Andriani, F., & Nugraha, N. (2019). Analisa Performa Pengenalan Tulisan Tangan Angka Berdasarkan Jumlah Iterasi Menggunakan Metode Convolutional Neural Network. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa*, 24(1), 58–66.

<https://doi.org/10.35760/tr.2019.v24i1.1934>

Qolbiyatul Lina. (2019). *Apa itu Convolutional Neural Network?* | by

QOLBIYATUL LINA | Medium. <https://medium.com/@16611110/apa-itu-convolutional-neural-network-836f70b193a4>

Rao P Shankar, J. A. (n.d.). *Handwriting Recognition – “Offline” Approach*. 2–5.

Safitri, K. A., & Wulanningrum, R. (2020). Aplikasi Pengenalan Pola Tulisan Tangan Menggunakan Metode Support Vector Machine. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, 4, 201–206.

Sena, S. (2017). *Pengenalan Deep Learning Part 7 : Convolutional Neural Network (CNN)* | by Samuel Sena | Medium.

<https://medium.com/@samuelsena/pengenalan-deep-learning-part-7-convolutional-neural-network-cnn->

[b003b477dc94#id_token=eyJhbGciOiJSUzI1NiIsImtpZCI6Ijg0NjJhNzFkYTQ0MmYzYmZWNmMGZjNGJhOWMzN2Q2NWU2Y2QiLCJ0eXAiOiJKV1QiLCJpc3MiOiJodHRwczovL2FjY291bnRzLm](https://medium.com/@samuelsena/pengenalan-deep-learning-part-7-convolutional-neural-network-cnn-b003b477dc94#id_token=eyJhbGciOiJSUzI1NiIsImtpZCI6Ijg0NjJhNzFkYTQ0MmYzYmZWNmMGZjNGJhOWMzN2Q2NWU2Y2QiLCJ0eXAiOiJKV1QiLCJpc3MiOiJodHRwczovL2FjY291bnRzLm)

What is Handwriting Recognition (HWR)? - Definition from Techopedia. (2017).

<https://www.techopedia.com/definition/196/handwriting-recognition-hwr>