



SKRIPSI

**PENGENALAN TULISAN TANGAN AKSARA BALI
MENGUNAKAN ALGORITMA HIBRIDA CNN DAN
ELM**

PANDU ALI WIJAYA

NPM 20081010230

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST. MT. IPU

Yisti Vita Via, S.ST. M.Kom

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI INFORMATIKA
SURABAYA
2025**



SKRIPSI

**Pengenalan Tulisan Tangan Aksara Bali
Menggunakan Algoritma Hibrida CNN dan
ELM**

PANDU ALI WIJAYA

NPM 20081010230

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST. MT. IPU

Yisti Vita Via, S.ST. M.Kom

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR

FAKULTAS ILMU KOMPUTER

PROGRAM STUDI INFORMATIKA

SURABAYA

2025

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

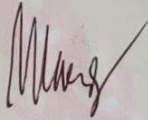
PENGENALAN TULISAN TANGAN AKSARA BALI MENGGUNAKAN
ALGORITMA HIBRIDA CNN DAN ELM

Oleh:
PANDU ALI WIJAYA
NPM. 20081010230

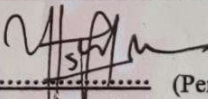
Telah dipertahankan dihadapan dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi Prodi Informatika
Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur Pada
tanggal 21 Januari 2025.

Menyetujui,

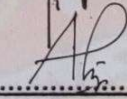
Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST. MT. IPU
NIPPPK. 19700619 2021211 009


..... (Pembimbing I)


Yisti Vita Via, S.ST. M.Kom
NIP. 19860425 2021212 001


..... (Pembimbing II)

Dr. Eng. Ir. Anggraini Puspita Sari, ST., MT
NIP. 222198 60 816400


..... (Ketua Penguji I)

Eva Yulia Puspaningrum, S.Kom, M.Kom
NIP. 19890705 2021212 002


..... (Anggota Penguji II)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Ilmu Komputer


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

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PERSETUJUAN

**Pengenalan Tulisan Tangan Aksara Bali Menggunakan
Algoritma Hibrida CNN dan ELM**

Oleh:
PANDU ALI WIJAYA
NPM. 20081010230



Menyetujui,

**Koordinator Program Studi Informatika
Fakultas Ilmu Komputer**

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

Halaman ini sengaja dikosongkan

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NPM : Pandu Ali Wijaya / 20081010230
Program Studi : Informatika
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST. MT. IPU
2. Yisti Vita Via, S.ST. M.Kom

dengan ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Skripsi dengan judul:

Pengenalan Tulisan Tangan Aksara Bali Menggunakan Algoritma Hibrida CNN dan ELM

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku



Surabaya, 21 Januari 2025
Mahasiswa



Pandu Ali Wijaya
NPM 20081010230

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRAK

Nama Mahasiswa / NPM	Pandu Ali Wijaya / 20081010230
Judul Skripsi	Pengenalan Tulisan Tangan Aksara Bali Menggunakan Algoritma Hibrida CNN dan ELM
Dosen Pembimbing	1. Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST. MT. IPU 2. Yisti Vita Via, S.ST. M.Kom

Penelitian ini membahas pengenalan tulisan tangan aksara Bali menggunakan algoritma hibrida Convolutional Neural Network (CNN) dan Extreme Learning Machine (ELM). Aksara Bali merupakan salah satu warisan budaya yang memiliki bentuk unik dengan perbedaan yang sering kali halus antar karakter. Tantangan dalam mengenali tulisan tangan aksara Bali terletak pada kompleksitas pola dan variasi bentuk yang ditulis oleh pengguna. Dalam penelitian ini, CNN digunakan untuk mengekstraksi fitur dari gambar aksara, sedangkan ELM digunakan sebagai klasifikator untuk mempercepat proses pengenalan. Dataset yang digunakan terdiri dari 1.691 gambar yang dibagi menjadi data latih (80%), validasi (10%), dan uji (10%). Hasil eksperimen menunjukkan bahwa model hibrida CNN-ELM mampu mencapai akurasi hingga 91%, dengan nilai precision, recall, dan f1-score yang tinggi pada sebagian besar karakter aksara. Namun, terdapat beberapa tantangan dalam mengenali karakter dengan bentuk yang mirip. Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan metrik seperti confusion matrix dan akurasi, yang menunjukkan bahwa model dapat mengenali sebagian besar karakter dengan baik. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pendekatan hibrida CNN-ELM efektif dalam pengenalan tulisan tangan aksara Bali dan dapat digunakan untuk mendukung digitalisasi serta pelestarian budaya melalui teknologi.

Kata Kunci : Aksara, Convolutional Neural Network (CNN), Extreme Learning Machine (ELM), Deep Learning, Computer visio

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRACT

Nama Mahasiswa / NPM	Pandu Ali Wijaya / 20081010230
Judul Skripsi	Pengenalan Tulisan Tangan Aksara Bali Menggunakan Algoritma Hibrida CNN dan ELM
Dosen Pembimbing	1. Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST. MT. IPU 2. Yisti Vita Via, S.ST. M.Kom

This study focuses on Balinese handwritten script recognition using a hybrid algorithm of Convolutional Neural Network (CNN) and Extreme Learning Machine (ELM). Balinese script is one of Indonesia's cultural heritages, characterized by unique shapes with subtle differences between characters. The challenge in recognizing handwritten Balinese script lies in the complexity of patterns and variations in writing styles. In this research, CNN is used for feature extraction from the script images, while ELM serves as the classifier to speed up the recognition process. The dataset consists of 1,691 images, divided into training (80%), validation (10%), and testing (10%) sets. The experimental results show that the hybrid CNN-ELM model achieves an accuracy of up to 91%, with high precision, recall, and f1-score values across most script characters. However, some challenges remain in recognizing characters with similar shapes. Model performance evaluation is conducted using metrics such as the confusion matrix and accuracy, indicating that the model successfully recognizes most characters. This study concludes that the hybrid CNN-ELM approach is effective for Balinese handwritten script recognition and can contribute to the digitalization and preservation of cultural heritage through technology.

Keywords: Balinese Script, CNN, ELM, Handwriting Recognition, Cultural Digitalization.

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya kepada penulis sehingga skripsi dengan judul **“Pengenalan Tulisan Tangan Aksara Bali Menggunakan Algoritma Hibrida CNN Dan ELM”** dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST. MT. IPU selaku Dosen Pembimbing utama yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, nasehat serta motivasi kepada penulis. Dan penulis juga banyak menerima bantuan dari berbagai pihak, baik itu berupa moril, spiritual maupun materiil. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, M.MT., selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, M.T., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Informatika Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
4. Bapak Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST. MT. IPU., selaku Wakil dekan 1 dan selaku Dosen Pembimbing I atas bimbingan dan pengajarannya yang telah membantu dari awal hingga terselesaikannya skripsi penulis.
5. Ibu Yisti Vita Via, S.ST. M.Kom., selaku Dosen Wali dan Dosen Pembimbing II atas bimbingan dan pengajarannya yang telah membantu dari awal hingga terselesaikannya skripsi penulis.
6. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Informatika Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis.
7. Seluruh staff Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional

“Veteran” Jawa Timur yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi.

8. Orang tua, saudara, dan saudari yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi untuk penulis.
9. Rekan-rekan dari Program Studi Informatika angkatan 2020 yang telah memberikan dukungan dan dorongan semangat kepada penulis sepanjang masa perkuliahan.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Namun, telah berperan dalam membantu penyelesaian tugas akhir ini. Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan skripsi ini banyak terdapat banyak kesalahan.

Untuk itu kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan skripsi ini. Akhirnya, dengan segala keterbatasan yang penulis miliki semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak umumnya dan penulis pada khususnya.

Surabaya, 21 Januari 2025

Pandu Ali Wijaya

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
2.2 Aksara Bali	10
2.2.1 Aksara Wyajana.....	11
2.2.2 Aksara Swalalita	12
2.3 Citra Digital	12
2.4 Machine Learning.....	13
2.5 Deep Learning.....	14
2.6 Convolutional Neural Network.....	15
2.6.1 Feature Extraction Layer.....	15
2.6.2 Fully Connected Layer.....	17
2.7 Extreme learning machine	18
2.8 Confusion Matrix.....	20
2.9 Kombinasi CNN-ELM.....	22
2.10 Python	22
2.11 Scikit-Learn	23
2.12 Device	23
BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM	25
3.1. Tahapan Penelitian.....	25
3.2 Studi Literatur	27
3.3 Pengumpulan Data.....	27
3.4 Praproses Data	31

3.5 Perancangan algoritma hibrida.....	34
3.6 Pelatihan model.....	36
3.7 pengujian model.....	37
3.8 Skenario Pengujian.....	37
3.8.1 Convolutional Neural Network(CNN).....	38
3.8.2 Hybrid CNN-ELM.....	38
3.9 Evaluasi model.....	39
BAB IV Pengujian dan Analisis.....	41
4.1. Persiapan Data.....	41
4.2. <i>Pre-processing</i> Data.....	45
4.3. Arsitektur dan Pelatihan CNN.....	46
4.4. Ekstraksi Fitur dengan CNN.....	48
4.5. Pelatihan ELM.....	49
4.6 Uji Coba Pengenalan Aksara.....	50
4.7 Evaluasi Model.....	52
4.8 Skenario pengujian.....	53
4.9 Pengujian Model CNN.....	53
4.12 Pengujian Model Hybrid CNN-ELM.....	74
4.13 Uji Coba Mengenali Aksara Wyajana dan Swalalita.....	136
4.14 Evaluasi Performa Hasil.....	138
BAB V PENUTUPAN.....	139
5.1 Kesimpulan.....	139
5.2 Saran.....	140
DAFTAR PUSTAKA.....	141
LAMPIRAN.....	145

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur CNN-ELM Pengenalan Citra SAR.....	9
---	---

Gambar 2.2 Aksara Bali	11
Gambar 2.3 Arsitektur CNN.....	15
Gambar 2.4 Operasi Konvolusi.....	16
Gambar 2.5 Operasi <i>Max Pooling Layer</i>	17
Gambar 2.6 <i>Multi Layer Perceptron</i>	17
Gambar 2.7 Arsitektur ELM.....	18
Gambar 2.8 <i>Hybrid CNN-ELM</i>	22
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian.....	26
Gambar 3.2 Sampel Citra Aksara Bali	31
Gambar 3.3 Pra-Proses Data.....	30
Gambar 3.4 Blok Diagram Proses re-size.....	32
Gambar 3.5 Hasil Augmentasi.....	34
Gambar 3.6 Arsitektur hibrida CNN-ELM.....	34
Gambar 3.7 Diagram Alir Algoritma Hibrida CNN-ELM	35
Gambar 3.8 Diagram Alir Proses Pelatihan Model	36
Gambar 3.9 Diagram Alir Proses Pengujian Model	37
Gambar 4.1 Visualisasi Pembagian Kelas	43
Gambar 4.2 Hasil Pembagian Dataset	44
Gambar 4.3 Grafik akurasi dan loss 8:1:1 CNN (1).....	54
Gambar 4.4 Hasil Evaluasi 8:1:1 CNN (1).....	55
Gambar 4.5 Grafik akurasi dan loss 8:1:1 CNN (2).....	56
Gambar 4.6 Hasil Evaluasi 8:1:1 CNN (2).....	58
Gambar 4.7 Grafik akurasi dan loss 8:1:1 CNN (3).....	60
Gambar 4.8 Hasil Evaluasi 8:1:1 CNN (3).....	62
Gambar 4.9 Grafik akurasi dan loss 6:2:2 CNN (1).....	63
Gambar 4.10 Hasil Evaluasi 6:2:2 CNN (1).....	65
Gambar 4.11 Grafik akurasi dan loss 6:2:2 CNN (2).....	67
Gambar 4.12 Hasil Evaluasi 6:2:2 CNN (2).....	69
Gambar 4.13 Grafik akurasi dan loss 6:2:2 CNN (3).....	70
Gambar 4.14 Hasil Evaluasi 6:2:2 CNN (3).....	72
Gambar 4.15 Grafik akurasi dan loss 8:1:1 Hybrid CNN-ELM (1).....	74
Gambar 4.16 Confusion Matrix 8:1:1 Hybrid CNN-ELM (1).....	76
Gambar 4.17 Hasil Evaluasi 8:1:1 Hybrid CNN-ELM (1).....	78
Gambar 4.18 Grafik akurasi dan loss 8:1:1 Hybrid CNN-ELM (2).....	80

Gambar 4.19 Confusion Matrix 8:1:1 Hybrid CNN-ELM (2)	82
Gambar 4.20 Hasil Evaluasi 8:1:1 Hybrid CNN-ELM (2).....	84
Gambar 4.21 Grafik akurasi dan loss 8:1:1 Hybrid CNN-ELM (3)	86
Gambar 4.22 Confusion Matrix 8:1:1 Hybrid CNN-ELM (3)	88
Gambar 4.23 Hasil Evaluasi 8:1:1 Hybrid CNN-ELM (3).....	90
Gambar 4.24 Grafik akurasi dan loss 8:1:1 Hybrid CNN-ELM (4)	92
Gambar 4.25 Confusion Matrix 8:1:1 Hybrid CNN-ELM (4)	93
Gambar 4.26 Hasil Evaluasi 8:1:1 Hybrid CNN-ELM (4).....	95
Gambar 4.27 Grafik akurasi dan loss 8:1:1 Hybrid CNN-ELM (5)	97
Gambar 4.28 Confusion Matrix 8:1:1 Hybrid CNN-ELM (5)	98
Gambar 4.29 Hasil Evaluasi 8:1:1 Hybrid CNN-ELM (5).....	100
Gambar 4.30 Grafik akurasi dan loss 8:1:1 Hybrid CNN-ELM (6)	102
Gambar 4.31 Confusion Matrix 8:1:1 Hybrid CNN-ELM (6)	103
Gambar 4.32 Hasil Evaluasi 8:1:1 Hybrid CNN-ELM (6).....	105
Gambar 4.33 Grafik akurasi dan loss 8:2 Hybrid CNN-ELM (7)	107
Gambar 4.34 Confusion Matrix 8:2 Hybrid CNN-ELM (7)	109
Gambar 4.35 Hasil Evaluasi 8:2 Hybrid CNN-ELM (7)	111
Gambar 4.36 Grafik akurasi dan loss 8:2 Hybrid CNN-ELM (8)	113
Gambar 4.37 Confusion Matrix 8:2 Hybrid CNN-ELM (8)	114
Gambar 4.38 Hasil Evaluasi 8:2 Hybrid CNN-ELM (8)	116
Gambar 4.39 Grafik akurasi dan loss 8:2 Hybrid CNN-ELM (9)	118
Gambar 4.40 Confusion Matrix 8:2 Hybrid CNN-ELM (9)	120
Gambar 4.41 Hasil Evaluasi 8:2 Hybrid CNN-ELM (9)	122
Gambar 4.42 Grafik akurasi dan loss 8:2 Hybrid CNN-ELM (10).....	124
Gambar 4.43 Confusion Matrix 8:2 Hybrid CNN-ELM (10).....	126
Gambar 4.44 Hasil Evaluasi 8:2 Hybrid CNN-ELM (10).....	128
Gambar 4.45 Grafik akurasi dan loss 8:2 Hybrid CNN-ELM (11).....	130
Gambar 4.46 Confusion Matrix 8:2 Hybrid CNN-ELM (11).....	132
Gambar 4.47 Hasil Evaluasi 8:2 Hybrid CNN-ELM (11).....	134
Gambar 4.47 Contoh Hasil Uji Coba Pengenalan Aksara.....	138

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Aksara Wyajana.....	11
Tabel 2.2 Aksara Swalalita	12
Tabel 2.3 <i>Confusion matrix</i>	20
Tabel 3.1 Proporsi Pembagian dataset Pertama	28
Tabel 3.2 Proporsi Pembagian dataset Kedua.....	28
Tabel 3.3 Proporsi Pembagian dataset Ketiga	29
Tabel 3.4 Aksara Wyajana.....	29
Tabel 3.5 Aksara Swalalita	30
Tabel 3.6 <i>Confusion matrix</i>	39
Tabel 4.1 Pengujian Model CNN.....	53
Tabel 4.2 Pengujian Model <i>Hybrid CNN-ELM</i>	74
Tabel 4.3 Uji Coba Pengenalan Aksara.....	136-137
Tabel 4.4 Evaluasi Hasil Akurasi Terbaik.....	138

