

# 1. Pendahuluan

Bagian ini berisi penjelasan latar belakang dipilihnya permasalahan penelitian, perumusan masalah, tujuan, hipotesis, metodologi, dan sistematika penulisan tugas akhir.

## 1.1. Latar Belakang

Penulisan ekspresi matematika kedalam bentuk teks digital pada komputer membutuhkan notasi khusus berbentuk *mathematical markup language* seperti LaTeX dan MathML. Pemahaman mengenai notasi *mathematical markup language* ini sangat dibutuhkan untuk dapat menuliskan ekspresi matematika pada komputer. Oleh sebab itu untuk mempermudah penulissannya, dibutuhkan sistem yang dapat mengubah tulisan tangan ekspresi matematika ke dalam bentuk *mathematical markup language*.

Penelitian mengenai sistem pengenalan tulisan tangan ekspresi matematika telah dilakukan sejak tahun 1960-an dan masih terus diteliti hingga saat ini [1]. Hal ini disebabkan belum ditemukan solusi untuk mengenali ekspresi matematika dengan akurat karena pengenalan tulisan tangan berbentuk ekspresi matematika merupakan salah satu permasalahan yang cukup rumit dalam bidang *pattern recognition*. Pengenalan tulisan tangan ekspresi matematika sangat berbeda dengan pengenalan tulisan tangan biasa dan lebih sulit untuk dilakukan, hal ini karena struktur ekspresi matematika lebih kompleks dan simbol-simbol matematika lebih beragam dibandingkan dengan tulisan tangan biasa.

Pada dasarnya pengenalan ekspresi matematika dapat dikelompokkan kedalam 2 tahapan, yaitu pengenalan simbol matematika dan analisis struktur matematika [2], sehingga untuk memperoleh hasil analisis struktur yang akurat dibutuhkan hasil rekognisi simbol yang akurat juga. Hal ini dapat dilihat dari hasil penelitian pada Competition on Recognition of Online Handwritten Mathematical Expressions (CROHME) pada Tabel 1-1 [3], dimana hasil klasifikasi simbol cukup berpengaruh terhadap hasil pengenalan ekspresi matematika. Oleh sebab itu, untuk memperoleh hasil pengenalan simbol yang akurat, dibutuhkan metode pengenalan simbol yang akurat untuk mengoptimalkan hasil pengenalan ekspresi matematika.

Tabel 1-1: Hasil penelitian pada kompeisi CROHME 2014 (10.061 Ekspresi dan 101 Simbol, tanpa *junk symbols*) [3]

Peserta	Akurasi Pengenalan Simbol (dalam %)	Akurasi Pengenalan Ekspresi Matematika (dalam %)
Universitat Politècnica de València	83.33	30.70
University of São Paulo	63.58	15.05
Rochester Institute of Technology, DRPL	74.98	19.52
Rochester Institute of Technology, CIS	74.88	17.44
Tokyo University of Agriculture and Technology	76.13	25.04
University of Nantes, IRCCyN	71.47	17.59

*Convolutional Neural Network* (CNN) merupakan salah satu metode *machine learning* yang dapat digunakan untuk melakukan pengenalan tulisan tangan dengan sangat akurat [4]. Pada pengenalan tulisan tangan berbentuk angka, diperoleh hasil pengujian dengan akurasi sebesar 99,79% menggunakan dataset MNIST [5]. Oleh sebab itu, CNN dapat diterapkan untuk mengenali simbol-simbol matematika untuk memperoleh hasil yang lebih akurat, sehingga dapat diperoleh hasil pengenalan ekspresi yang lebih baik.

## 1.2. Perumusan Masalah

Penelitian mengenai pengenalan tulisan tangan ekspresi matematika memperlihatkan bahwa akurasi pengenalan tulisan tangan ekspresi matematika masih belum cukup optimal [3]. Salah satu faktor penyebabnya adalah proses pengenalan simbol. Oleh sebab itu, pada penelitian ini dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimanakah cara meningkatkan akurasi pengenalan simbol matematika?
2. Apakah dengan meningkatkan akurasi pengenalan simbol matematika akan meningkatkan akurasi pengenalan ekspresi dengan signifikan?

Batasan masalah pada tugas akhir ini, yaitu :

1. Tulisan tangan ekspresi matematika yang akan dikenali berupa online signal
2. Simbol matematika yang dapat dikenali sistem berjumlah 102 jenis simbol yang merupakan semua jenis simbol yang terdapat pada data training
3. Hasil pengenalan ekspresi matematika berupa LaTeX
4. Layer pada arsitektur CNN yang digunakan, yaitu Convolutional – Pooling – Convolutional – Pooling – Fully-connected – Softmax dengan ukuran receptive field untuk convolutional layer sebesar 5x5 dan untuk pooling layer sebesar 2x2.
5. Fungsi aktivasi yang digunakan pada layer convolutional, pooling, dan fully-connected adalah fungsi sigmoid dan pada layer softmax digunakan fungsi aktivasi softmax.

## 1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini, sebagai berikut.

1. Meningkatkan akurasi pengenalan simbol matematika
2. Menganalisis pengaruh hasil pengenalan simbol terhadap akurasi pengenalan ekspresi matematika

## 1.4. Hipotesis

Penelitian mengenai pengenalan simbol matematika dengan berbagai metode telah banyak dilakukan, seperti Matsakis [6] yang menggunakan *Principal Component Analysis*, Garain [7], MacLean [8], dan Golubitsy [9] yang menggunakan *Nearest Neighbor*, Alvaro [10] yang menggunakan *Hidden Markov Model*, dan Malon [11] yang menggunakan *Support Vector Machines*. Hasil pengenalan simbol matematika dengan metode-metode tersebut sudah menghasilkan akurasi yang cukup baik, tetapi masih kurang optimal untuk mendapatkan hasil pengenalan ekspresi matematika yang akurat. Oleh sebab itu, dibutuhkan metode yang lebih baik lagi untuk dapat mengenali simbol matematika sehingga diperoleh hasil ekspresi matematika yang akurat.

*Convolutional Neural Network* merupakan salah satu metode *machine learning* yang dapat digunakan untuk mengenali tulisan tangan dengan sangat akurat [4]. Pada pengenalan tulisan tangan berbentuk angka, diperoleh hasil pengujian yang sangat akurat dengan akurasi sebesar 99,79% menggunakan dataset MNIST [5], lebih akurat dibandingkan penelitian yang menggunakan metode lain seperti SVM dengan akurasi 99,44% [12], Random forests dengan akurasi 93,27% [13], atau elastic matching dengan akurasi 97,90% [14]. Berdasarkan penelitian-

penelitian itu, pengenalan simbol matematika tulisan tangan akan lebih optimal dilakukan dengan menggunakan *Convolutional Neural Network*, sehingga dapat diperoleh akurasi pengenalan ekspresi yang lebih akurat.

## **1.5. Metodologi**

Metodologi penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Studi Literatur  
Mengumpulkan dan mempelajari paper/journal, textbook, tesis, dan tugas akhir yang berkaitan dengan pengenalan tulisan tangan ekspresi matematika.
2. Pendefinisian Masalah dan Metode Penelitian  
Berdasarkan referensi-referensi yang diperoleh, dilakukan pencarian masalah penelitian dan metode-metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah penelitian. Selanjutnya dipilih metode yang paling baik untuk menangani masalah penelitian tersebut.
3. Perancangan Sistem  
Merancang sistem pengenalan tulisan tangan ekspresi matematika menggunakan metode yang dipilih.
4. Pembuatan Proposal  
Membuat proposal yang menjelaskan keseluruhan sistem yang akan diimplementasikan, mulai dari permasalahan, metode, hingga rancangan sistem.
5. Pengumpulan Dataset  
Mengumpulkan dataset yang sesuai dengan batasan masalah.
6. Implementasi Sistem  
Mengimplementasikan sistem pengenalan tulisan tangan ekspresi matematika berdasarkan rancangan sistem yang telah dibuat.
7. Pengujian dan Analisis  
Melakukan observasi dan pengujian terhadap sistem yang telah diimplementasikan dan kemudian dianalisis.
8. Pembuatan Laporan Tugas Akhir  
Membuat laporan tugas akhir yang menjelaskan keseluruhan sistem yang telah diimplementasikan, diuji, dan dianalisis.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Laporan tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan berikut.

1. Pendahuluan  
Bab ini berisi penjelasan latar belakang dipilihnya permasalahan penelitian, perumusan masalah, tujuan, hipotesis, dan metodologi penyelesaian masalah.
2. Landasan Teori  
Bab ini berisi landasan teori yang mendukung penelitian pada tugas akhir ini. Landasan teori meliputi metode yang dipakai untuk proses segmentasi, rekognisi, dan analisis struktur ekspresi matematika.
3. Perancangan Sistem  
Bab ini memaparkan analisis kebutuhan sistem dan rancangan sistem yang digunakan, serta tahapan implementasi sistem.
4. Pengujian dan Analisis

Bab ini menguraikan hasil pengujian terhadap sistem yang dibuat beserta hasil analisis dari pengujian yang telah dilakukan

5. Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan serta saran untuk penelitian kedepannya.