

## ABSTRAK

Pengenalan tulisan tangan simbol matematika memiliki masalah dalam bidang *pattern recognition* dan hal itu yang membuat lebih sulit untuk dideteksi daripada tulisan tangan biasa. Struktur penulisan yang kompleks dan simbol matematika yang beragam membuat tulisan tangan ekspresi matematika sulit dilakukan proses segmentasi, rekognisi simbol dan analisis struktur. Proses tersebut digunakan untuk mengubah ekspresi matematika tulisan tangan menjadi format teks digital seperti LaTeX atau MathML. Dalam hal ini, proses rekognisi simbol atau pengenalan simbol menjadi fokus dalam penelitian, dengan membandingkan beberapa model yang terdapat dalam metode *Convolutional Neural Network* dan mencari nilai akurasi yang terbesar.

*Convolutional Neural Network* (CNN) adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengenali tulisan tangan dengan sangat akurat, dalam penelitian ini CNN akan digunakan untuk mengenali simbol dalam ekspresi matematika dan akan diuji dengan model ResNet34 dan DenseNet121. Penelitian ini juga menjelaskan bagaimana menerapkan metode deep learning seperti CNN yang dapat membedakan suatu objek dalam gambar, dan setelah dua model diuji, kami belajar bahwa kedua model memiliki kinerja dan arsitektur yang berbeda, model DenseNet121 menjadi model yang lebih baik jika dibandingkan dengan model ResNet34 dalam tingkat akurasi.

**Kata Kunci** : Machine Learning, Deep Learning, Convolutional Neural Network, FastAI.

## ABSTRACT

Handwriting recognition of mathematical symbol has problem in the field of pattern recognition and that make more difficult to detect than only handwriting. The complex structure of writing and diverse mathematical symbol makes handwriting of mathematical expressions very difficult to process the segmentation, symbol recognition, and structure analysis. The process is used to convert handwritten mathematical expressions into digital text format such as LaTeX or MathML. In this case, the process of symbol recognition becomes the focus of research, by comparing models contained in the Convolutional Neural Network method and find the greatest accuracy.

Convolutional Neural Network (CNN) is one of the methods that can be used to recognize handwriting very accurately. In this research CNN will be used to recognize symbols in mathematical expressions and will be tested with CNN models (ResNet34 and DenseNet121). This research also explains how the deep learning approaches, such as CNN that can distinguish an object in an image, and after the two models have been tested we learn that both models have different performance and architecture, the DenseNet121 model becomes a better model when compared to ResNet34 in accuracy.

**Keywords** : Machine Learning, Deep Learning, Convolutional Neural Network, FastAI.

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN.....	ii
PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN .....	iii
PRAKATA.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	1
1.3 Tujuan Penelitian .....	1
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	2
1.6 Sistematika Penulisan .....	2
BAB 2 KAJIAN TEORI .....	4
2.1 <i>Artificial Intelligence (AI)</i> .....	4
2.1.1 <i>Artificial Narrow Intelligence (ANI)</i> .....	4
2.1.2 <i>Artificial General Intelligence (AGI)</i> .....	5
2.2 <i>Deep Learning</i> .....	5
2.3 <i>Convolutional Neural Network</i> .....	5
2.4 <i>Convolutional Layer</i> .....	6
2.5 <i>Pooling Layer</i> .....	7

2.6	Fungsi Aktivasi.....	8
2.7	<i>Pretrained Convnet</i> .....	8
2.8	<i>Fully-Connected Layer</i> .....	9
2.9	<i>Residual Neural Network</i> .....	10
2.10	<i>Densely Neural Network</i> .....	10
2.11	Dataset Handwritten Math Symbol.....	12
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		13
3.1	Tahapan Penelitian .....	13
3.1.1	Pengkondisian Dataset .....	13
3.1.1.1	Proses <i>Oversampling</i> .....	14
3.1.1.2	Proses <i>Undersampling</i> .....	14
3.1.2	Studi Literatur .....	14
3.1.3	Rancangan Metode.....	14
3.1.4	Pengujian.....	14
3.1.5	<i>Predict Dataset Test</i> .....	15
3.1.6	Analisis dan Pembahasan.....	15
3.1.7	Penarikan Kesimpulan .....	15
3.2	Alat Penelitian.....	15
BAB 4 IMPLEMENTASI.....		16
4.1	<i>Oversampling Dataset</i> .....	16
4.2	<i>Undersampling Dataset</i> .....	16
4.3	Membuat Folder Train, Valid, dan Test.....	16
4.4	Memasukkan Semua Simbol.....	17
4.5	Membagi dan Memindahkan Gambar pada Folder <i>Train, Valid</i> dan <i>Test</i> ..	17
4.6	Proses <i>Training</i> dan <i>Validating</i> .....	18
4.7	Model ResNet34 .....	20

4.7.1 <i>Predict Dataset Test ResNet34</i> .....	22
4.8 Model DenseNet121.....	24
4.8.1 <i>Predict Dataset Test DenseNet121</i> .....	25
BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN.....	27
5.1 Simpulan .....	27
5.2 Saran.....	28
DAFTAR PUSTAKA .....	29



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Nilai uang yang akan dihasilkan AI pada tahun 2030 menurut McKinsey Global Institute [2] .....	4
Gambar 2.2 Convolutional Layer dengan satu buah filter 5x5 [6] .....	6
Gambar 2.3 Convolutional Layer dengan empat filters 5x5 [6] .....	7
Gambar 2.4 Pooling Layer [6] .....	7
Gambar 2.5 Grafik <i>Rectified Linear Unit</i> [7].....	8
Gambar 2.6 Multi Layer Perception dengan 2 hidden layer [9] .....	9
Gambar 2.7 Blok residual yang menjadi fondasi dari arsitektur ResNet [10] .....	10
Gambar 2.8 <i>Block diagram</i> dari DenseNet [11].....	11
Gambar 2.9 Arsitektur DenseNet [11] .....	11
Gambar 3.1 Contoh simbol matematika notasi beta .....	13
Gambar 3.2 Alur pengujian.....	14
Gambar 4.1 Contoh <i>Source code</i> untuk menduplikasi data .....	16
Gambar 4.2 <i>Source code</i> membuat folder <i>train</i> , <i>valid</i> , dan <i>test</i> .....	17
Gambar 4.3 <i>Source code</i> memasukkan semua simbol pada folder <i>train</i> , <i>valid</i> , dan <i>test</i> .....	17
Gambar 4.4 <i>Source code</i> membagi dan memindahkan gambar ke <i>folder train</i> , <i>valid</i> , dan <i>test</i> .....	18
Gambar 4.5 <i>Source code</i> untuk melakukan proses <i>training</i> dan <i>validating</i> .....	18
Gambar 4.6 Hasil dari pembagian dataset <i>train</i> , <i>valid</i> , dan <i>test</i> .....	19
Gambar 4.7 Sampel gambar dataset <i>Math Symbol</i> .....	19
Gambar 4.8 <i>Source code</i> untuk membuat model ResNet34 .....	20
Gambar 4.9 Hasil <i>training</i> model Resnet34.....	20
Gambar 4.10 Hasil prediksi yang salah dengan nilai loss tertinggi .....	21
Gambar 4.11 <i>Source code</i> untuk mengolah data dan klasifikasi dataset <i>train</i> dan <i>test</i> .....	22
Gambar 4.12 Hasil dari klasifikasi dataset <i>train</i> dan <i>test</i> .....	22
Gambar 4.13 <i>Source code</i> untuk melakukan proses <i>load data</i> .....	22
Gambar 4.14 <i>Source code</i> untuk melakukan prediksi pada dataset <i>test</i> .....	22
Gambar 4.15 Hasil dari dataset <i>test</i> ResNet34.....	23

Gambar 4.16 Hasil prediksi pada simbol +.....	23
Gambar 4.17 <i>Source code</i> untuk membuat model DenseNet121 .....	24
Gambar 4.18 Hasil <i>training</i> model DenseNet121 .....	24
Gambar 4.19 Hasil prediksi yang salah dengan nilai loss tertinggi .....	25
Gambar 4.20 <i>Source code</i> untuk melakukan proses <i>load data</i> .....	25
Gambar 4.21 <i>Source code</i> untuk melakukan prediksi pada dataset test .....	26
Gambar 4.22 Hasil dari dataset test DenseNet121 .....	26
Gambar 4.23 Hasil prediksi pada simbol +.....	26



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Dataset Simbol Matematika .....	12
Tabel 5.1 Hasil perbandingan model ResNet34 dan DenseNet121 .....	27

