

# **PENGENALAN SIMBOL MATEMATIKA MENJADI NOTASI LATEX MENGGUNAKAN METODE BACKPROPAGATION**

Skripsi



oleh

**Steven Renaldo Antony  
71110054**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI  
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA  
2015**

# **PENGENALAN SIMBOL MATEMATIKA MENJADI NOTASI LATEX MENGGUNAKAN METODE BACKPROPAGATION**

Skripsi



Diajukan kepada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi  
Universitas Kristen Duta Wacana  
Sebagai Salah Satu Syarat dalam Memperoleh Gelar  
Sarjana Komputer

Disusun oleh

**Steven Renaldo Antony**  
**71110054**

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI  
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA  
2015

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

### **Pengenalan Simbol Matematika Menjadi Notasi Latex Menggunakan Metode Backpropagation**

yang saya kerjakan untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada pendidikan Sarjana Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana, bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi keserjanaan di lingkungan Universitas Kristen Duta Wacana maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jika dikemudian hari didapati bahwa hasil skripsi ini adalah hasil plagiasi atau tiruan dari skripsi lain, saya bersedia dikenai sanksi yakni pencabutan gelar keserjanaan saya.

Yogyakarta, 17 Juni 2015



STEVEN RENALDO ANTONY

71110054

## HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : PENGENALAN SIMBOL MATEMATIKA  
MENJADI NOTASI LATEX MENGGUNAKAN  
METODE BACKPROPAGATION

Nama Mahasiswa : STEVEN RENALDO ANTONY

N I M : 71110054

Matakuliah : Skripsi (Tugas Akhir)

Kode : TIW276

Semester : Genap

Tahun Akademik : 2014/2015

Telah diperiksa dan disetujui di  
Yogyakarta,  
Pada tanggal 17 Juni 2015

Dosen Pembimbing I



Yuan Lukito, S.Kom., M.Cs.

Dosen Pembimbing II



Willy Sudiarto Raharjo, S.Kom., M.Cs.

## HALAMAN PENGESAHAN

### Pengenalan Simbol Matematika Menjadi Notasi Latex Menggunakan Metode Backpropagation

Oleh: STEVEN RENALDO ANTONY / 71110054

Dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi  
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi  
Universitas Kristen Duta Wacana - Yogyakarta  
Dan dinyatakan diterima untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Komputer  
pada tanggal 11 Juni 2015

Yogyakarta, 17 Juni 2015  
Mengesahkan,

Dewan Penguji:

1. Yuan Lukito, S.Kom., M.Cs.
2. Willy Sudiarto Raharjo, S.Kom., M.Cs.
3. Budi Susanto, S.Kom., M.T.
4. Aditya Wikan Mahastama, S.Kom.



  
Dekan  
(Budi Susanto, S.Kom., M.T.)

Ketua Program Studi  
  
(Gloria Virginia, Ph.D.)

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur Penulis Panjatkan ke Hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Dengan selesainya tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak yang telah memberikan masukan-masukan kepada penulis. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan baik dari bentuk penyusunan maupun materinya. Oleh karena itu segala kritikan dan saran yang membangun akan penulis terima dengan baik. Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat kepada kita sekalian.

Yogyakarta, 28 Mei 2015

Penulis

## INTISARI

### Pengenalan Simbol Matematika Menjadi Notasi LaTeX Menggunakan Metode Backpropagation

Sebagian orang sering kesulitan dalam membuat dokumen digital yang membutuhkan penulisan simbol matematika seperti dokumen jurnal atau karya ilmiah. Untuk mempermudah itu, maka dapat digunakan notasi LaTeX. Namun ternyata tidak semua orang mengerti tentang notasi LaTeX dan sebagian orang yang telah mengerti tentang notasi LaTeX ternyata tidak semua dapat menghafal notasi LaTeX dari semua simbol matematika yang ada. Berdasarkan permasalahan di atas, penulis berinisiatif membangun sebuah perangkat lunak dan melakukan penelitian untuk mengidentifikasi pola-pola simbol matematika secara otomatis khususnya simbol matematika yang di gambar pada kanvas *smartphone*. Perangkat lunak ini dibangun di atas sistem operasi Android dan menggunakan metode seperti *Thresholding*, *Nearest Neighbor* untuk *resize* citra dan *Backpropagation* untuk proses pelatihan maupun pengenalnya.

Dalam penelitian ini, pola simbol yang digunakan sebagai sampel data merupakan kumpulan dari simbol *Greek Letters*. Data yang digunakan berasal dari 25 responden dengan masing-masing 41 simbol dari tiap responden. Kemudian data tersebut dianalisis menggunakan metode *K-Fold Cross Validation*. Dari penelitian tersebut, hasil pengujian dengan menggunakan metode *Backpropagation* diperoleh tingkat akurasi tertinggi sebesar 73% dengan menggunakan 400 neuron pada *input layer*, 130 neuron pada *hidden layer* dan nilai *learning rate* sebesar 0,5. Selain itu, didapatkan pula hasil nilai *true error* atau nilai rata – rata eror dengan menggunakan jumlah neuron pada *hidden layer* = 110 dan 130 adalah 0,308 dan untuk jumlah neuron pada *hidden layer* = 150 adalah 0,296.

Kata Kunci: LaTeX, Simbol Matematika, *Backpropagation*, *K-Fold Cross Validation*

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis menyusun tugas akhir ini dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk mencapai gelar sarjana (S1) pada Program studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya tugas akhir ini tak lepas dari campur tangan berbagai pihak. Untuk itulah penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Yuan Lukito, S.Kom., M.Cs. selaku dosen pembimbing I, yang telah banyak memberikan bimbingan selama penyusunan dan penulisan tugas akhir ini.
2. Bapak Willy Sudiarto Raharjo, S.Kom., M.Cs. selaku dosen pembimbing II yang juga telah banyak memberikan masukan dan arahan selama penyusunan dan penulisan tugas akhir ini.
3. Kepada keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan, semangat, doa dan motivasi sampai akhirnya penulis berhasil menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Kepada teman-teman yang sudah bersedia menjadi responden dalam pengumpulan data yang dibutuhkan dalam tugas akhir ini.
5. Kepada teman-teman jurusan Teknik Informatika 2011 yang senantiasa ada untuk memberikan masukan dan motivasi.
6. Kepada teman - teman kos Katrina Arena yang turut memberi semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Segenap staff dan pegawai Kampus.
8. Dan semuanya yang berperan penting dalam penyelesaian tugas akhir yang penulis tidak bisa sebutkan namanya satu persatu. Penulis mengucapkan banyak – banyak terima kasih atas semua dukungan dan doanya.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, tentunya penulis masih memiliki banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis akan sangat menghargai jika menerima berbagai masukan dari para pembaca baik berupa kritik maupun saran yang sifatnya membangun demi penyempurnaan penulisan-penulisan tugas akhir di masa yang akan datang. Jika terdapat kesalahan penulis minta maaf yang sebesar - besarnya. Terima Kasih.

©UKDW

## DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
INTISARI.....	vii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Metode Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka .....	5
2.2. Landasan Teori .....	6
2.2.1. Android.....	6
2.2.2. Simbol Matematika .....	6
2.2.3. LaTeX.....	7
2.2.4. Citra.....	8
2.2.5. Citra Biner .....	8
2.2.6. Pengolahan Citra Digital .....	9
2.2.7. Pengenalan pola.....	9
2.2.8. Pengenalan Simbol Matematika.....	10
2.2.9. Pengambangan ( <i>Thresholding</i> ) .....	10

2.2.10. <i>Nearest Neighbor</i> .....	11
2.2.11. Jaringan Saraf Tiruan .....	12
2.2.12. <i>Backpropagation</i> .....	12
2.2.13. <i>K-Fold Cross Validation</i> .....	20
<b>BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM</b> .....	<b>21</b>
3.1. Analisis Kebutuhan Sistem .....	21
3.1.1. Kebutuhan <i>Hardware</i> .....	21
3.1.2. Kebutuhan <i>Software</i> .....	22
3.1.3. Kebutuhan Fungsional.....	22
3.1.4. Kebutuhan Non Fungsional.....	23
3.2. Rancangan Proses.....	23
3.2.1. Arsitekur Jaringan Saraf Tiruan .....	24
3.2.2. Data <i>Output</i> dan Nilai Target .....	25
3.2.3. Tahap Pelatihan dan Pengujian Menggunakan <i>Backpropagation</i> .....	27
3.2.4. Tahap Pengenalan Menggunakan <i>Backpropagation</i> .....	30
3.3. Rancangan Antarmuka .....	32
3.3.1. Rancangan Antarmuka Sistem Pelatihan dan Pengujian.....	33
3.3.2. Rancangan Antarmuka Sistem Pengenalan .....	35
3.4. Rancangan Pengujian .....	37
<b>BAB IV IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM</b> .....	<b>38</b>
4.1. Implementasi Sistem .....	38
4.1.1. Implementasi Sistem Pelatihan .....	38
4.1.2. Implementasi Sistem Pengujian .....	45
4.1.3. Implementasi Sistem Aplikasi <i>Mobile</i> Untuk Pengenalan .....	47
4.2. Analisis Hasil Pengujian .....	48
4.2.1. Jumlah Neuron Hidden Layer = 110 dan k = 1 .....	48
4.2.2. Jumlah Neuron Hidden Layer = 110 dan k = 2 .....	49
4.2.3. Jumlah Neuron Hidden Layer = 110 dan k = 3 .....	50
4.2.4. Jumlah Neuron Hidden Layer = 110 dan k = 4 .....	51
4.2.5. Jumlah Neuron Hidden Layer = 110 dan k = 5 .....	52
4.2.6. Jumlah Neuron Hidden Layer = 130 dan k = 1 .....	53

4.2.7. Jumlah Neuron Hidden Layer = 130 dan $k = 2$ .....	54
4.2.8. Jumlah Neuron Hidden Layer = 130 dan $k = 3$ .....	55
4.2.9. Jumlah Neuron Hidden Layer = 130 dan $k = 4$ .....	56
4.2.10. Jumlah Neuron Hidden Layer = 130 dan $k = 5$ .....	57
4.2.11. Jumlah Neuron Hidden Layer = 150 dan $k = 1$ .....	58
4.2.12. Jumlah Neuron Hidden Layer = 150 dan $k = 2$ .....	59
4.2.13. Jumlah Neuron Hidden Layer = 150 dan $k = 3$ .....	60
4.2.14. Jumlah Neuron Hidden Layer = 150 dan $k = 4$ .....	61
4.2.15. Jumlah Neuron Hidden Layer = 150 dan $k = 5$ .....	62
4.3. Analisis Hasil Pengenalan Simbol .....	64
4.3.1. Simbol Dengan Tingkat Akurasi Tinggi .....	65
4.3.2. Simbol Dengan Tingkat Akurasi Rendah.....	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	66
5.1. Kesimpulan.....	66
5.2. Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA .....	68
LAMPIRAN.....	70

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Greek Letters</i> .....	7
Gambar 2.2. Koordinat Citra Digital.....	8
Gambar 2.3. Struktur Sistem Pengenalan Pola .....	9
Gambar 2.4. Arsitektur <i>Backpropagation</i> .....	13
Gambar 2.5. Flowchart Cara Kerja Algoritma <i>Backpropagation</i> .....	15
Gambar 3.1. Rancangan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan .....	24
Gambar 3.2. Data <i>Output</i> Dan Nilai Target Dalam Format JSON .....	26
Gambar 3.3. Flowchart Tahap Pelatihan Menggunakan <i>Backpropagation</i> .....	27
Gambar 3.4. Contoh Data Hasil Pelatihan Dalam Format JSON .....	29
Gambar 3.5. Contoh Data Hasil Pengujian Dalam Format JSON .....	30
Gambar 3.6. Flowchart Tahap Pengenalan Menggunakan <i>Backpropagation</i> .....	31
Gambar 3.7. Rancangan Antarmuka Sistem Pelatihan .....	34
Gambar 3.8. Rancangan Antarmuka Sistem Pengujian .....	34
Gambar 3.9. Rancangan Antarmuka Sistem Pengenalan <i>Form Input</i> .....	35
Gambar 3.10. Rancangan Antarmuka Sistem Pengenalan <i>Form</i> Hasil Jika Dikenali .....	36
Gambar 3.11. Rancangan Antarmuka Sistem Pengenalan <i>Form</i> Hasil Jika Tidak Dikenali .....	36
Gambar 4.1. Implementasi Antarmuka Sistem Pelatihan .....	39
Gambar 4.2. Source Code Open Folder File .....	40
Gambar 4.3. <i>Source Code Threshold</i> Citra Dan <i>Find Edge</i> Citra.....	40
Gambar 4.4. <i>Source Code Threshold</i> Citra Dan <i>Find Edge</i> Citra (sambungan)...	41
Gambar 4.5. <i>Source Code Trim</i> Citra .....	42
Gambar 4.6. <i>Source Code Resize</i> Citra .....	42
Gambar 4.7. <i>Source Code Biner</i> Citra .....	43
Gambar 4.8. <i>Source Code Random</i> Bobot .....	43
Gambar 4.9. Source Code Calculate Hidden Layer .....	44
Gambar 4.10. Source Code Calculate Output Layer.....	44

Gambar 4.11. <i>Source Code</i> Tahap Mundur .....	44
Gambar 4.12. <i>Source Code</i> Tahap Mundur (sambungan) .....	45
Gambar 4.13. <i>Source Code Calculate SSE</i> .....	45
Gambar 4.14. Implementasi Antarmuka Sistem Pengujian .....	46
Gambar 4.15. <i>Source Code Find Symbol With Euclidean Distance</i> .....	47
Gambar 4.16. Implementasi Antarmuka Sistem Aplikasi <i>Mobile</i> Untuk Pengenalan .....	47
Gambar 4.17. Simbol Dengan Tingkat Akurasi Tinggi .....	65
Gambar 4.18. Contoh Simbol Sebelum dan Sesudah <i>Pre-Processing</i> .....	65

©UKDW

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Tabel Spesifikasi Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan .....	25
Tabel 3.2. Tabel Data <i>Output</i> Dan Nilai Target.....	25
Tabel 3.2. Tabel Data <i>Output</i> Dan Nilai Target (sambungan).....	26
Tabel 4.1. Tabel Hasil Pengujian 1 .....	49
Tabel 4.2. Tabel Hasil Pengujian 2 .....	50
Tabel 4.3. Tabel Hasil Pengujian 3 .....	51
Tabel 4.4. Tabel Hasil Pengujian 4 .....	52
Tabel 4.5. Tabel Hasil Pengujian 5 .....	53
Tabel 4.6. Tabel Hasil Pengujian 6 .....	54
Tabel 4.7. Tabel Hasil Pengujian 7 .....	55
Tabel 4.8. Tabel Hasil Pengujian 8 .....	56
Tabel 4.9. Tabel Hasil Pengujian 9 .....	57
Tabel 4.10. Tabel Hasil Pengujian 10 .....	58
Tabel 4.11. Tabel Hasil Pengujian 11 .....	59
Tabel 4.12. Tabel Hasil Pengujian 12 .....	60
Tabel 4.13. Tabel Hasil Pengujian 13 .....	61
Tabel 4.14. Tabel Hasil Pengujian 14 .....	62
Tabel 4.15. Tabel Hasil Pengujian 15 .....	63
Tabel 4.16. Tabel Hasil Perbandingan Seluruh Pengujian.....	63
Tabel 4.17. Tabel Hasil Perbandingan Seluruh Pengujian (sambungan).....	64

## INTISARI

### Pengenalan Simbol Matematika Menjadi Notasi LaTeX Menggunakan Metode Backpropagation

Sebagian orang sering kesulitan dalam membuat dokumen digital yang membutuhkan penulisan simbol matematika seperti dokumen jurnal atau karya ilmiah. Untuk mempermudah itu, maka dapat digunakan notasi LaTeX. Namun ternyata tidak semua orang mengerti tentang notasi LaTeX dan sebagian orang yang telah mengerti tentang notasi LaTeX ternyata tidak semua dapat menghafal notasi LaTeX dari semua simbol matematika yang ada. Berdasarkan permasalahan di atas, penulis berinisiatif membangun sebuah perangkat lunak dan melakukan penelitian untuk mengidentifikasi pola-pola simbol matematika secara otomatis khususnya simbol matematika yang di gambar pada kanvas *smartphone*. Perangkat lunak ini dibangun di atas sistem operasi Android dan menggunakan metode seperti *Thresholding*, *Nearest Neighbor* untuk *resize* citra dan *Backpropagation* untuk proses pelatihan maupun pengenalnya.

Dalam penelitian ini, pola simbol yang digunakan sebagai sampel data merupakan kumpulan dari simbol *Greek Letters*. Data yang digunakan berasal dari 25 responden dengan masing-masing 41 simbol dari tiap responden. Kemudian data tersebut dianalisis menggunakan metode *K-Fold Cross Validation*. Dari penelitian tersebut, hasil pengujian dengan menggunakan metode *Backpropagation* diperoleh tingkat akurasi tertinggi sebesar 73% dengan menggunakan 400 neuron pada *input layer*, 130 neuron pada *hidden layer* dan nilai *learning rate* sebesar 0,5. Selain itu, didapatkan pula hasil nilai *true error* atau nilai rata – rata eror dengan menggunakan jumlah neuron pada *hidden layer* = 110 dan 130 adalah 0,308 dan untuk jumlah neuron pada *hidden layer* = 150 adalah 0,296.

Kata Kunci: LaTeX, Simbol Matematika, *Backpropagation*, *K-Fold Cross Validation*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Sebagian orang sering kesulitan dalam membuat dokumen digital yang membutuhkan penulisan simbol matematika seperti dokumen jurnal atau karya ilmiah. Untuk mempermudah itu, maka dapat digunakan notasi LaTeX. LaTeX sendiri adalah sebuah sistem penyiapan dokumen untuk perangkat lunak TeX. Perangkat lunak tersebut merupakan program komputer yang digunakan untuk membuat *typesetting* teks dan formula matematika. Walaupun telah ditemukan solusi dengan menggunakan notasi LaTeX, ternyata masih ditemukan masalah baru yaitu tidak semua orang mengerti tentang notasi LaTeX dan sebagian orang yang telah mengerti tentang notasi LaTeX ternyata tidak semua dapat menghafal notasi LaTeX dari semua simbol matematika yang ada.

Dari permasalahan di atas, maka penulis akan melakukan penelitian mengenai pengenalan simbol matematika ke dalam notasi LaTeX dan akan membangun sebuah perangkat lunak yang dapat mengenali satu simbol matematika secara otomatis khususnya citra dari tulisan tangan pada kanvas *smartphone*, kemudian dapat menghasilkan notasi LaTeX dari pola yang dimaksud atau yang hampir mirip dengan pola simbol matematika yang menjadi masukan. Pada penelitian ini, simbol matematika yang akan dikenali hanya sebagian dari sekumpulan simbol matematika yang ada sekarang ini. Simbol tersebut umumnya biasa digunakan dalam operasi matematika seperti kumpulan simbol dari *Greek Letters*. Perangkat lunak ini dibangun di atas sistem operasi Android dan menggunakan metode dari pengolahan citra digital dan jaringan saraf tiruan. Metode pengolahan citra yang dilakukan yaitu pengambangan atau *Thresholding* dan *Nearest Neighbor* untuk *resize* gambar kemudian dilanjutkan dengan proses pelatihan maupun pengenalannya menggunakan metode pada jaringan saraf tiruan yaitu metode *Backpropagation*.

Dalam pengimplementasiannya, metode *Backpropagation* akan dianalisis lebih jauh seberapa besar presentase keberhasilan dan kegagalannya dalam pengenalan pola simbol matematika. Dan diharapkan dari penelitian ini dapat dihasilkan perangkat lunak yang tepat dan akurat dalam pengenalan pola simbol matematika khususnya citra dari tulisan tangan pada kanvas *smartphone* dan dari hasil pengenalan tersebut dapat diterjemahkan ke dalam notasi LaTeX.

## 1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang diteliti adalah sebagai berikut:

1. Arsitektur jaringan saraf tiruan seperti apa yang dibutuhkan untuk pelatihan dan pengenalan pola simbol matematika?
2. Seberapa besar akurasi yang didapatkan dari pengenalan pola simbol matematika menggunakan metode *Backpropagation*?

## 1.3. Batasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan dalam penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah seperti:

1. Simbol matematika yang dikenali adalah kumpulan dari simbol *Greek Letters*.
2. Notasi LaTeX yang digunakan sebagai keluaran sistem berasal dari buku berjudul "The Not So Short Introduction to LaTeX 2 $\epsilon$ " oleh Tobias Oetiker, Hubert Partl, Irene Hyna, dan Elisabeth Schlegl.
3. Citra yang akan diolah hanya memuat satu simbol matematika.
4. Citra yang akan diolah orientasinya adalah *portrait*.
5. Citra yang akan diolah merupakan hasil *capture* tulisan tangan pada canvas *smartphone*.

#### 1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan perangkat lunak yang dapat mengenali simbol matematika dan menerjemahkannya dalam notasi LaTeX.
2. Mengetahui keakuratan metode *Backpropagation* dalam pengenalan simbol matematika.

#### 1.5. Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan dalam pengembangan sistem ini adalah sebagai berikut:

- Studi literatur atau pustaka

Pada tahap ini yang dilakukan adalah meninjau dari berbagai literatur atau pustaka yang berkaitan dengan metode yang digunakan untuk memecahkan masalah yang diajukan.

- Pengumpulan data

Dalam tahap ini yang dilakukan adalah pengumpulan data yang diperlukan dalam pengembangan sistem. Data tersebut meliputi simbol matematika yang akan dilatihkan dan notasi LaTeXnya.

- Perancangan sistem

Dalam tahap ini akan dilakukan perancangan sistem, yaitu meliputi perancangan antarmuka atau tampilan dari sistem dan arsitektur jaringan saraf tiruan yang akan digunakan dalam sistem.

- Pembuatan sistem

Dalam tahap ini, sistem sudah mulai dibangun sesuai dengan perancangan yang dibuat pada tahap sebelumnya. Pada tahap ini dilakukan pelatihan citra untuk menghasilkan bobot yang selanjutnya di simpan pada basis data. Bobot hasil pelatihan tersebut dibutuhkan untuk proses pengenalan citra.

- Pengujian sistem

Pada tahap ini pembangunan sistem telah selesai dan sistem siap diuji cobakan dan diimplementasikan yaitu dengan melakukan pengenalan citra hasil *capture* tulisan tangan pada canvas *smartphone* dan keluaran yang diharapkan berupa notasi LaTeX dari simbol matematika yang diuji.

## 1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan laporan Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab. Berikut ini adalah uraian singkat dari masing-masing bab:

- Bab I PENDAHULUAN yang menjelaskan gambaran umum tentang penelitian yang akan dilakukan. Dalam bab ini, terdapat latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.
- Bab II TINJAUAN PUSTAKA yang terdiri dari dua bagian utama, yaitu tinjauan pustaka dan landasan teori. Bab ini menjelaskan teori-teori dasar berkaitan dengan pemecahan masalah yang akan diteliti.
- Bab III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM berisi tentang alat yang digunakan dalam penelitian, data yang akan dikumpulkan, serta perencanaan yang akan dilakukan.
- Bab IV IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM memuat tentang hasil dari implementasi sistem dan disertai juga dengan analisisnya.
- Bab V KESIMPULAN DAN SARAN berisi pernyataan singkat yang diambil dari hasil penelitian. Selain itu juga memuat saran berupa langkah pengembangan yang belum dilakukan dalam penelitian kali ini, namun berpotensi untuk memperbaiki sistem yang telah ada.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan analisa yang telah dilakukan terhadap sistem yang telah dibangun mengacu pada hasil pengujian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengenalan pola simbol matematika ke dalam notasi LaTeX dengan menggunakan *Backpropagation* diperoleh arsitektur jaringan saraf tiruan terbaik berdasarkan hasil pengujian adalah 400 neuron pada *input layer*, 130 neuron pada *hidden layer*, 6 neuron pada *output layer*, nilai *learning rate* sebesar 0,5, nilai batas eror sebesar 0,01, nilai *epoch* sebesar 10000, dan fungsi aktivasi yang digunakan adalah fungsi aktivasi *sigmoid* biner.
2. Pengenalan pola simbol matematika ke dalam notasi LaTeX dengan menggunakan *Backpropagation* diperoleh tingkat akurasi paling tinggi dengan jumlah neuron pada *hidden layer* = 130 adalah sebesar 73% yaitu 150 simbol dikenali dari total 205 simbol data uji. Kemudian untuk tingkat akurasi terendah diperoleh dengan menggunakan jumlah neuron pada *hidden layer* = 110 adalah sebesar 66% yaitu 136 simbol dikenali dari 205 simbol data uji.
3. Berdasarkan dari seluruh hasil pengujian yang telah dilakukan, nilai *true error* atau nilai rata – rata eror yang dihasilkan dengan menggunakan jumlah neuron pada *hidden layer* = 110 dan 130 adalah 0,308 dan untuk jumlah neuron pada *hidden layer* = 150 adalah 0,296.
4. Hasil dari tahap *pre-processing* sangat mempengaruhi tingkat akurasi yang dihasilkan dari tahap pengenalan karena dari hasil *pre-processing* yang didapat, ternyata ditemukan adanya pola simbol yang terlihat mirip antara satu dengan lainnya misal simbol zeta mirip dengan simbol varsigma.

## 5.2. Saran

Berdasarkan hasil yang didapat dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disarankan beberapa hal yaitu:

1. Pada tahap pelatihan dan pengujian, perlu dicoba untuk mengganti nilai *learning rate* dan batas *error*.
2. Mencari lebih banyak responden untuk menambah variasi data latih dan data uji.
3. Pada tahap *pre-processing*, perlu dicoba untuk menambahkan metode *pre-processing* yang lebih baik.

©UKDW

## DAFTAR PUSTAKA

- Awal, A. M., Mouchere, H., & Gaudin, C. V. (2009). Towards Handwritten Mathematical Expression Recognition. *International Conference on Document Analysis and Recognition*.
- Awal, A. M., Mouchere, H., & Gaudin, C. V. (2010). A Hybrid Classifier for Handwritten Mathematical Expression Recognition. *Ecole polytechnique de l'universite de Nantes*.
- Harjono. (2012). Pengubahan Tulisan Tangan Ke Bentuk Text Ketikan Menggunakan Metode Backpropagation. *Politeknosains*.
- Hietania, F., Santiyasa, W., & Dwidasmara, I. B. (2012). Implementasi Backpropagation Dalam Pengolahan Citra Teks Tulisan Tangan Menjadi Teks Digital. *Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana*.
- Kumaseh, M. R., Latumakulita, L., & Nainggolan, N. (2013). Segmentasi Citra Digital Ikan Menggunakan Metode Thresholding. *Program Studi Matematika FMIPA Universitas Sam Ratulangi*.
- Kurniawan, R., Sasmito, D. E., & Suryani, F. (2013). Ekstraksi dan Seleksi Fitur untuk Klasifikasi Sel Epitel dengan Sel Radang pada Citra Pap Smear. *SNATI*.
- Liu, J., & Yu, J. (2011). Research on Development of Android Applications . *IEEE*, 69.
- Oetiker, T., Partl, H., Hyna, I., & Schlegl, E. (2014). *The Not So Short Introduction to LaTeX 2ε*. Cambridge: Free Software Foundation.
- Pramesti, T. H. (2014). Pengenalan Karakter Teks Menggunakan Metode Neural Network Backpropagation. *Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya*.

Putra, D. (2010). *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi Offset.

Ramteke, S., Patil M.E Scholar, D., & Patil, N. (2012). Neural Network Approach To Mathematical Expression Recognition System. *IJERT*.

Sinambela, D. P., & Sitorus, S. H. (2013). Pengenalan Karakter Tulisan Tangan Latin pada Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation dengan Input Citra Kamera Digital. *Jurnal CORE IT*.

©UKDW