

**APLIKASI PENGENALAN AKSARA JEPANG *KATAKANA*
MENGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN *LEARNING*
*VECTOR QUANTIZATION (LVQ)***



SKRIPSI

**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada Departemen Ilmu Komputer / Informatika**

Disusun Oleh :

ANGGA PRADANA SAPUTRA

J2F009051

**DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER / INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

2016

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Angga Pradana Saputra

NIM : J2F009051

Judul : Aplikasi Pengenalan Aksara Jepang *Katakana* Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Learning Vector Quantization (LVQ)

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir/ skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.



HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Aplikasi Pengenalan Aksara Jepang *Katakana* Menggunakan Jaringan Syaraf
Tiruan *Learning Vector Quantization* (LVQ)

Nama : Angga Pradana Saputra

NIM : J2F009051

Telah diujikan pada sidang tugas akhir pada tanggal 27 Juli 2016 dan dinyatakan lulus pada tanggal 27 Juli 2016.

Semarang, 10 Agustus 2016

Mengetahui,

Ketua Departemen Ilmu Komputer/Informatika

FSM Universitas Diponegoro



Ragil Saputra, S.Si, M.Cs
NIP. 19801021 200501 1 003

Panitia Penguji Tugas Akhir

Ketua,



Helmie Arif Wibawa, S.Si, M.Cs
NIP. 19780516 200312 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Aplikasi Pengenalan Aksara Jepang *Katakana* Menggunakan Jaringan Syaraf
Tiruan *Learning Vector Quantization* (LVQ)

Nama : Angga Pradana Saputra

NIM : J2F009051

Telah diujikan pada sidang tugas akhir pada tanggal 27 Juli 2016.



ABSTRAK

Aksara Jepang katakana digunakan pada saat menuliskan kata-kata selain bahasa Jepang, misalnya nama orang asing dan kata-kata serapan dari bahasa asing. Bagi orang-orang yang sedang belajar aksara Jepang katakana, terkadang mengalami kesulitan dalam menghafalkannya, sehingga dibuat sebuah aplikasi pengenalan aksara Jepang katakana. Aplikasi ini dikembangkan menggunakan jaringan syaraf tiruan *learning vector quantization*. Tahapan yang dimiliki oleh aplikasi ini yaitu melakukan pre-processing pada citra aksara, mengekstrak fitur citra menggunakan transformasi wavelet diskrit, menyimpan data vektor citra, melakukan pelatihan data, dan melakukan pengenalan terhadap citra yang dimasukkan. Data pelatihan yang digunakan dalam aplikasi ini sebanyak 360 data tulisan tangan aksara katakana yang berasal dari 8 orang. Selanjutnya data-data ini akan terbagi menjadi 8 subset pada pengujian validitas menggunakan *k-fold cross validation* untuk mendapatkan nilai akurasi. Nilai akurasi pengenalan aksara terbaik hanya sebesar 47,50% dengan parameter $\alpha = 0.08$ dan 0.09 dan *epoch* = 10.

Kata kunci : Aksara Jepang Katakana, Jaringan Syaraf Tiruan, *Learning Vector Quantization*, *K-Fold Cross validation*

ABSTRACT

Japanese katakana characters was used to write all non japanese words, like foreigner's name and uptake words from foreign language. For people who studying about japanese katakana, sometimes got a problem to remember it, so a compter application for japanese katakana's recognition has been developed. This application was developed using artificial neural network learning vector quantization. List of step of this application were pre-processing on characters image, extracting the feature of image using discrete wavelet transform, storing image's data vector, perform data training, and recognize an image. This application had a total 360 data of handwriting katakana's character which collected from 8 peoples. Then, all of these data will divided in to 8 subset on validity testing using k-fold cross validation to get an accuration value. Best value of character's recognition accuracy only 47,50% from parameter $\alpha = 0.08$ and 0.09 and $epoch = 10$ as the parameter.

Keywords : Japanese katakana characters, Artificial Neural Network, Learning Vector Quantization, K-Fold Cross Validation

KATA PENGANTAR

Segala puji penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun tugas akhir yang berjudul “**Aplikasi Pengenalan Aksara Jepang Katakana Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Learning Vector Quantization (LVQ)***” sehingga dapat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu Departemen Ilmu Komputer/ Informatika pada Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis mendapat bantuan dan dukungan dari banyak pihak. Atas peran sertanya dalam membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Widowati, S.Si, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro.
2. Ragil Saputra, S.Si, M.Cs. selaku Ketua Departemen Ilmu Komputer/ Informatika FSM Undip
3. Sukmawati Nur Endah S.Si, M.Kom selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan Penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Helmie Arif Wibawa, S.Si, M.Cs. selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Ilmu Komputer/ Informatika.
5. Semua pihak yang telah membantu kelancaran dalam pelaksanaan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, untuk itu penulis mohon maaf dan mengharapkan saran serta kritik yang membangun dari pembaca.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu dan pengetahuan, khususnya pada bidang komputer.

Semarang, 10 Agustus 2016

Angga Pradana Saputra

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI..... | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iv |
| ABSTRAK | v |
| ABSTRACT | vi |
| KATA PENGANTAR..... | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xi |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3. Tujuan dan Manfaat | 3 |
| 1.4. Ruang Lingkup | 3 |
| 1.5. Sistematika Penulisan | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1. Aksara Jepang Katakana | 6 |
| 2.2. Pengolahan Citra..... | 7 |
| 2.3. <i>Grayscale</i> | 8 |
| 2.4. <i>Thresholding</i> | 8 |
| 2.5. <i>Cropping</i> | 9 |
| 2.6. <i>Scaling</i> | 9 |
| 2.7. Transformasi Wavelet Diskrit..... | 11 |

| | | |
|---|---|----|
| 2.8. | Jaringan Syaraf Tiruan..... | 13 |
| 2.9. | Learning Vector Quantization | 14 |
| 2.10. | Pemrograman Terstruktur | 18 |
| 2.10.1. | <i>Flowchart</i> | 18 |
| 2.10.2. | Pemodelan Fungsional..... | 19 |
| 2.11. | Model Proses <i>Waterfall</i> | 22 |
| 2.12. | <i>K-Fold Cross Validation</i> | 24 |
| BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN..... | | 25 |
| 3.1. | Analisis | 25 |
| 3.1.1. | Deskripsi Umum Sistem..... | 25 |
| 3.1.2. | Kebutuhan Fungsional dan Non Fungsional | 26 |
| 3.1.3. | Pemodelan Data..... | 26 |
| 3.1.4. | Pemodelan Fungsional..... | 27 |
| 3.1.4.1. | <i>Data Context Diagram (DCD)</i> | 27 |
| 3.1.4.2. | <i>Data Flow Diagram (DFD)</i> | 28 |
| 3.2. | Identifikasi Data Pelatihan dan Pengujian | 29 |
| 3.3. | Perancangan | 30 |
| 3.3.1. | Perancangan Sistem..... | 30 |
| 3.3.2. | Desain Data | 41 |
| 3.3.3. | Perancangan Antarmuka..... | 42 |
| BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN | | 47 |
| 4.1. | Implementasi..... | 47 |
| 4.1.1. | Lingkungan Implementasi | 47 |
| 4.1.2. | Implementasi Data..... | 47 |
| 4.1.3. | Implementasi Fungsi | 48 |
| 4.1.4. | Implementasi Antarmuka | 48 |
| 4.2. | Pengujian | 52 |

| | |
|--|----|
| 4.2.1.Pengujian Fungsional | 53 |
| 4.2.1.1. Rencana Pengujian Fungsional..... | 53 |
| 4.2.1.2. Hasil dan Analisis Pengujian..... | 54 |
| 4.2.2.Pengujian Validitas..... | 55 |
| 4.2.2.1. Rencana Pengujian Validitas | 56 |
| 4.2.2.2. Hasil Pengujian Validitas | 56 |
| 4.2.2.3. Analisis Hasil Pengujian..... | 60 |
| BAB V PENUTUP | 62 |
| 5.1 Kesimpulan | 62 |
| 5.2 Saran | 62 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 63 |
| LAMPIRAN | 64 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Proses Pemotongan Citra..... | 9 |
| Gambar 2.2 Contoh perhitungan interpolasi..... | 10 |
| Gambar 2.3 Dekomposisi Wavelet Diskrit pada Sinyal 1 Dimensi | 11 |
| Gambar 2.4 Langkah Dekomposisi Transformasi Wavelet Diskrit | 12 |
| Gambar 2.5 Hasil Dekomposisi Transformasi Wavelet Diskrit..... | 12 |
| Gambar 2.6 Arsitektur Jaringan LVQ | 14 |
| Gambar 2.7 Model proses <i>waterfall</i> | 23 |
| Gambar 3.1 Blok diagram proses aplikasi pengenalan aksara Jepang <i>katakana</i> menggunakan jaringan syaraf tiruan LVQ..... | 25 |
| Gambar 3.2 ERD Aplikasi pengenalan aksara Jepang <i>katakana</i> menggunakan jaringan syaraf tiruan LVQ..... | 27 |
| Gambar 3.3 DCD Aplikasi pengenalan aksara Jepang <i>katakana</i> menggunakan jaringan syaraf tiruan LVQ..... | 27 |
| Gambar 3.4 DFD level 1 Aplikasi pengenalan aksara Jepang <i>katakana</i> menggunakan jaringan syaraf tiruan LVQ..... | 28 |
| Gambar 3.5 DFD Level 2 proses 1 <i>preprocessing</i> | 28 |
| Gambar 3.6 <i>8-Fold Cross Validation</i> pengujian aplikasi pengenalan aksara Jepang <i>katakana</i> menggunakan jaringan syaraf tiruan LVQ | 29 |
| Gambar 3.7 <i>Flowchart</i> aplikasi pengenalan aksara Jepang <i>katakana</i> menggunakan jaringan syaraf tiruan LVQ..... | 30 |
| Gambar 3.8 <i>Flowchart</i> proses <i>grayscale</i> ing..... | 31 |
| Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> proses <i>thresholding</i> | 32 |
| Gambar 3.10 <i>Flowchart</i> proses <i>auto cropping</i> | 33 |
| Gambar 3.11 <i>Flowchart</i> proses <i>scaling</i> | 35 |
| Gambar 3.12 <i>Flowchart</i> proses <i>Haar Wavelet Transform</i> | 36 |
| Gambar 3.13 Arsitektur jaringan LVQ..... | 39 |
| Gambar 3.14 <i>Flowchart</i> pelatihan jaringan LVQ..... | 40 |
| Gambar 3.15 <i>Flowchart</i> proses pengenalan aksara | 41 |
| Gambar 3.16 Perancangan Antarmuka Halaman <i>Home</i> | 43 |
| Gambar 3.17 Perancangan Antarmuka <i>Form</i> Data Latih | 44 |
| Gambar 3.18 Perancangan Antarmuka <i>Form</i> Pelatihan | 44 |

| | |
|--|----|
| Gambar 3.19 Perancangan Antarmuka <i>Form</i> Pengenalan..... | 45 |
| Gambar 3.20 Perancangan Antarmuka <i>Form Help</i> | 46 |
| Gambar 4.1 Antarmuka halaman <i>Home</i> | 49 |
| Gambar 4.2 Antarmuka <i>Form</i> Data Latih | 49 |
| Gambar 4.3 Antarmuka <i>Form Help</i> Data Latih..... | 50 |
| Gambar 4.4 Antarmuka <i>Form Training</i> | 50 |
| Gambar 4.5 Antarmuka <i>Form Help Training</i> | 51 |
| Gambar 4.6 Antarmuka <i>Form</i> Pengenalan | 52 |
| Gambar 4.7 Antarmuka <i>Form Help</i> Pengenalan | 52 |
| Gambar 4.1 Grafik hasil pengujian <i>8-Fold Cross Validation</i> | 60 |
| Gambar 4.2 Aksara katakana yang memiliki kemiripan pola | 61 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Huruf Dasar <i>Katakana (Gojuon)</i> | 6 |
| Tabel 2.2 Huruf <i>Katakana Dakuon</i> dan <i>Sandakuon</i> | 7 |
| Tabel 2.3 Huruf <i>Katakana Yōon</i> | 7 |
| Tabel 2.4 Notasi <i>flowchart</i> | 19 |
| Tabel 2.5 Tabel Penomoran DFD..... | 20 |
| Tabel 2.6 Tabel Notasi DFD | 22 |
| Tabel 3.1 Kebutuhan Fungsional..... | 26 |
| Tabel 3.2 Kebutuhan Non Fungsional..... | 26 |
| Tabel 3.3 Desain Tabel Data Pelatihan (<i>tabel_train</i>)..... | 42 |
| Tabel 3.4 Desain Tabel Bobot Awal (<i>bobot_awal</i>)..... | 42 |
| Tabel 4.1 Implementasi <i>tabel_train</i> | 47 |
| Tabel 4.2 Implementasi <i>bobot_awal</i> | 48 |
| Tabel 4.3 Rencana Pengujian Fungsional..... | 53 |
| Tabel 4.4 Hasil Pengujian Fungsional..... | 54 |
| Tabel 4.5. Hasil Pengujian <i>8-Fold Cross Validation</i> | 57 |
| Tabel 4.6 Contoh sampel citra latih dengan pola penulisan tidak sesuai | 61 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|----|
| Lampiran 1. Sampel citra untuk setiap subset <i>8-fold cross validation</i> | 65 |
| Lampiran 2. Implementasi Fungsi..... | 77 |

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, ruang lingkup, dan sistematika penulisan penelitian tugas akhir mengenai pengenalan aksara Jepang *katakana* menggunakan jaringan syaraf tiruan *learning vector quantization* (LVQ)

1.1. Latar Belakang

Berbicara mengenai negara dengan teknologi yang canggih, tentu tidak akan terlepas dari sebuah negara bernama Jepang. Tahun 2014, Jepang menduduki peringkat ke-16 di dunia dan peringkat ke-5 di Asia untuk kategori ‘*The World Most Tech-Ready Countries*’ berdasarkan survey yang dilakukan oleh lembaga *World Economic Forum*. Pada tahun 2015, posisi Jepang naik ke peringkat ke-10 di dunia dan peringkat ke-2 di Asia setelah Singapura untuk kategori yang sama. Hal ini membuktikan bahwa Jepang selalu berusaha untuk meningkatkan teknologinya baik dari segi infrastruktur maupun SDM (Sumber Daya Manusia).

Teknologi yang canggih ditunjang oleh SDM yang mumpuni. Untuk menghasilkan SDM yang terbaik, tentu dibutuhkan lembaga pendidikan dengan kualitas yang terbaik pula. Hal ini dibuktikan oleh Jepang dengan dua universitasnya yang masuk ke dalam daftar 50 universitas terbaik di dunia. Berdasarkan hasil survey yang dilakukan oleh www.topuniversities.com, *Kyoto University* dan *The University of Tokyo* menduduki peringkat ke-38 dan 39 untuk universitas terbaik di dunia dan peringkat ke-8 dan 9 untuk level Asia. Hal ini tentu saja menarik minat seluruh pelajar di dunia untuk belajar di Jepang. Tercatat pada 1 Mei 2014, berdasarkan survei yang dilakukan oleh Japan Student Services Organization (JASSO), terdapat 184.155 pelajar internasional yang berkuliah di Jepang. Jumlah pelajar Indonesia menempati urutan ke-7 dengan 3188 pelajar. Jumlah ini meningkat dari tahun sebelumnya, yakni 2787 pelajar.

Bagi pelajar internasional yang menuntut ilmu di Jepang, walaupun telah menguasai bahasa internasional yakni bahasa Inggris, dalam bersosialisasi dengan masyarakat Jepang, tentulah harus mengetahui bahasa dan aksara yang digunakan di Jepang. Hal inilah yang terkadang menjadi suatu permasalahan bagi pelajar internasional, khususnya Indonesia. Dalam hal aksara, pelajar Indonesia telah terbiasa

menggunakan aksara latin, namun masyarakat Jepang dalam kesehariannya menggunakan 4 macam aksara yakni *kanji*, *hiragana*, *katakana*, dan *romaji* (latin). *Kanji* dan *hiragana* digunakan untuk menuliskan kata-kata yang berasal dari bahasa Jepang asli, sedangkan *katakana* digunakan untuk menuliskan kata-kata asing yang diserap kedalam bahasa Jepang. Sebagai calon mahasiswa asing yang akan belajar ke Jepang, penggunaan aksara *katakana* menjadi suatu hal yang penting guna menunjang kelancaran komunikasi sehari-hari. Kendala yang muncul dalam mempelajari aksara Jepang *katakana* yaitu proses dalam mengingat aksara *katakana* yang jumlahnya tidak sedikit. Pada saat mendapat sebuah tulisan yang berisi kata-kata dengan aksara *katakana*, kondisi lupa atau keliru dalam membedakan huruf-hurufnya seringkali muncul. Sehingga dibutuhkan suatu solusi yang dapat membantu dalam mengenali aksara-aksara yang ada dalam *katakana*. Salah satu solusi yang dapat dilakukan yaitu dengan membuat sebuah aplikasi komputer yang dapat mengenali *input* sebuah aksara *katakana*, kemudian memberikan *output* hasil pengenalan aksara yang di-*input*-kan.

Dalam ilmu komputer, terdapat sebuah cabang ilmu yang dikenal dengan *Artificial Intelligence* (AI). AI didefinisikan sebagai suatu studi tentang bagaimana membuat komputer dapat mengerjakan sesuatu yang dapat dikerjakan oleh manusia (Rich, 1991). Dalam AI sendiri, terdapat beberapa cabang ilmu, diantaranya yaitu : Sistem Pakar, Jaringan Syaraf Tiruan, Logika Fuzzy, dan Algoritma Genetik. Cabang ilmu AI yang sering digunakan dalam proses pengenalan suatu objek oleh komputer adalah Jaringan Syaraf Tiruan (JST). JST merupakan representasi buatan yang mencoba mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia. Beberapa metode dalam JST yang dapat digunakan untuk mengenali suatu objek berupa aksara, diantaranya adalah *Backpropagation* dan *Learning Vector Quantization* (LVQ).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Muhamad Fithri Qomari Azizi, metode LVQ mampu memberikan presentasi keberhasilan pengenalan yang lebih tinggi dibanding *Backpropagation*. Metode *Backpropagation* hanya memberikan hasil pengenalan sebesar 75,5%, sedangkan LVQ memberikan hasil 94%, dengan waktu *training* 102 detik untuk *Backpropagation* dan 0,3 detik untuk LVQ (Azizi, 2013). Kemudian, pada penelitian yang lain, tingkat keberhasilan LVQ pada pengenalan mencapai 87,093% (Maulana, 2013). Hal ini membuktikan bahwa metode LVQ cukup efektif untuk digunakan dalam proses pengenalan sebuah objek.

Berdasarkan uraian diatas, dapat dibuat sebuah aplikasi pengenalan aksara Jepang *Katakana* dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan *Learning Vector Quantization* (LVQ) yang diharapkan dapat menjadi sebuah solusi dalam membantu mengenali dan mempelajari aksara Jepang *Katakana*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka rumusan masalah yang diangkat pada tugas akhir ini adalah bagaimana membuat aplikasi pengenalan aksara Jepang *katakana* menggunakan jaringan syaraf tiruan LVQ.

1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah menghasilkan aplikasi pengenalan aksara Jepang *katakana* menggunakan jaringan syaraf tiruan LVQ.

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah dapat membantu mempermudah seseorang yang sedang belajar mengenali aksara Jepang *katakana*.

1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam pembuatan aplikasi pengenalan aksara Jepang *katakana* menggunakan metode jaringan syaraf tiruan LVQ adalah sebagai berikut :

1. Aksara yang akan dikenali berupa 45 aksara dasar *katakana* (*Gojuon*)
2. Input yang diterima aplikasi ini berupa citra satu buah karakter aksara Jepang *katakana* yang diambil dengan kamera
3. Pada saat pengambilan citra, posisi lensa kamera harus tegak lurus dengan objek aksara
4. Citra aksara yang akan diproses menggunakan *background* berwarna putih
5. Citra aksara berupa file citra dengan format JPEG
6. Aplikasi berbasis desktop dengan menggunakan bahasa pemrograman Matlab
7. Hasil akhir aplikasi akan menampilkan citra aksara yang cocok dengan citra yang di-*input*-kan, beserta pelafalannya dalam aksara latin.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam tugas akhir ini terbagi dalam beberapa pokok bahasan, yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, ruang lingkup, dan sistematika penulisan dalam pembuatan tugas akhir mengenai pengenalan aksara Jepang *katakana* menggunakan jaringan syaraf tiruan *learning vector quantization* (LVQ).

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memaparkan tinjauan pustaka yang berhubungan dengan topik tugas akhir. Tinjauan pustaka yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini meliputi aksara Jepang katakana, pengolahan citra, *grayscaleing*, *thresholding*, *cropping*, *scaling*, transformasi wavelet diskrit, jaringan syaraf tiruan, *learning vector quantization*, pemrograman terstruktur, dan model proses *waterfall*.

BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN

Bab ini menyajikan mengenai pembahasan tahapan dari model pengembangan perangkat lunak *Waterfall* yang meliputi tahap analisis dan perancangan. Tahap analisis ini dijelaskan mengenai pengumpulan data, deskripsi umum sistem, kebutuhan fungsional dan non fungsional, pemodelan data, dan pemodelan fungsional. Sedangkan tahap perancangan dijelaskan mengenai perancangan arsitektur jaringan syaraf tiruan, perancangan struktur data, dan perancangan antarmuka.

BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini menyajikan mengenai pembahasan tahapan dari model pengembangan perangkat lunak *Waterfall* yang meliputi tahap implementasi dan pengujian. Tahap implementasi ini dijelaskan mengenai lingkungan implementasi sistem, implementasi data, implementasi antarmuka, implementasi fungsi dan implementasi jaringan syaraf tiruan LVQ. Sedangkan pada tahap pengujian

dijelaskan mengenai pengujian fungsional dan pengujian validitas sistem.

BAB V

PENUTUP

Bab ini merupakan kesimpulan dari bab-bab yang dibahas sebelumnya dan saran untuk pengembangan penelitian tugas akhir lebih lanjut