

**STUDI DAN IMPLEMENTASI  
KONVERSI AKSARA JAWA KE AKSARA LATIN  
MENGUNAKAN *BACK PROPAGATION NEURAL NETWORK***

**(SKRIPSI)**

**Oleh:**

**Bobi Gusmara – 1317051014**



**JURUSAN ILMU KOMPUTER  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG**

**2018**

## ABSTRACT

### STUDY AND IMPLEMENTATION OF CONVERTING JAVANESE SCRIPT TO LATIN SCRIPT USING *BACK PROPAGATION NEURAL NETWORK*

By

**BOBI GUSMARA**

Script is some kind of important component of a culture, Javanese instead. Javanese script then become primary script that daily used by major communities in Central Java. As the human races developed and globalization, the Javanese script slowly set aside, even by Javanese community themselves. This paper elaborate about conversion of a Javanese script image into Latin script. This paper use *Back Propagation Neural Network* classification method and *GLCM (Grey Level Co-occurrence Matrix)* feature extraction method. Data used in this paper consist of 200 Javanese vocabularies which is every vocabulary consist of 2-3 syllables and every vocabulary has 5 different writing variation. There are two major phase in this paper, data training and data testing. Training phase consist of *cropping, resizing, feature extraction* and *neural network training*. Testing phase consist of data classification and validation check. This paper use Matlab software and *neural network tool*. The result of the research elaborated in this paper is that the highest *neural network* accuracy is up to 98% which is the average is 92,8% and the correlation coefficient is 0,9852.

Keywords: Javanese script, *Back Propagation Neural Network*, *GLCM (Grey Level Co-occurrence Matrix)*, classification, pattern recognition.

**ABSTRAK**

**STUDI DAN IMPLEMENTASI**

**KONVERSI AKSARA JAWA KE AKSARA LATIN**

**MENGGUNAKAN *BACK PROPAGATION NEURAL NETWORK***

Oleh

**BOBI GUSMARA**

Aksara adalah salah satu komponen penting dalam suatu budaya, salah satunya budaya Jawa. Aksara Jawa pada dahulu menjadi aksara pokok yang digunakan sehari-hari oleh sebagian besar masyarakat di Jawa Tengah. Seiring dengan perkembangan peradaban manusia serta meluasnya kehidupan global, aksara Jawa mulai ditinggalkan, bahkan oleh masyarakat Jawa sendiri. Penelitian ini membahas tentang konversi citra aksara Jawa yang berupa citra menjadi aksara Latin. Penelitian ini menggunakan metode klasifikasi *Back Propagation Neural Network* dan metode ekstraksi fitur *GLCM (Grey Level Co-occurrence Matrix)*. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 200 kosakata aksara Jawa yang terdiri dari 2-3 suku kata dan setiap kosakata memiliki 5 varian penulisa berbeda. Ada dua tahap utama dalam penelitian ini yaitu pelatihan data dan pengujian data. Tahap pelatihan mencakup proses *cropping, resizing, feature extraction* dan *neural network training*. Tahap pengujian mencakup proses klasifikasi data dan uji validitas. Penelitian ini menggunakan *software* Matlab dan *neural network tool*. Hasil penelitian ini yaitu bahwa tingkat akurasi *neural network* tertinggi mencapai 98% , dengan rata-rata akurasi yaitu 92,8% dan koefisien korelasi yaitu 0,9852.

**Kata Kunci:** aksara Jawa, *Back Propagation Neural Network*, *GLCM (Grey Level Co-occurrence Matrix)*, klasifikasi, pengenalan pola.

**STUDI DAN IMPLEMENTASI  
KONVERSI AKSARA JAWA KE AKSARA LATIN  
MENGUNAKAN *BACK PROPAGATION NEURAL NETWORK***

**Oleh:**

**Bobi Gusmara – 1317051014**

**(Skripsi)**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar

**SARJANA KOMPUTER**

pada

Jurusan Ilmu Komputer

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**JURUSAN ILMU KOMPUTER  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2018**

**Judul Skripsi : STUDI DAN IMPLEMENTASI KONVERSI AKSARA JAWA KE AKSARA LATIN MENGGUNAKAN BACK PROPAGATION NEURAL NETWORK**

**Nama Mahasiswa : BOBI GUSMARA**

**No. Pokok Mahasiswa : 1317051014**

**Jurusan : Ilmu Komputer**

**Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**1. Komisi Pembimbing**

**Febi Eka Febriansyah, M.T.**  
NIP. 19800219 200604 1 001

**Bambang Hermanto, S.Kom., M.Cs.**  
NIP. 19800821 200812 1 000

**2. Mengetahui**

**Ketua Jurusan Ilmu Komputer  
FMIPA Universitas Lampung**

**Dr. Ir. Kurnia Muludi, M.S.Sc**  
NIP. 19640616 198902 1 001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

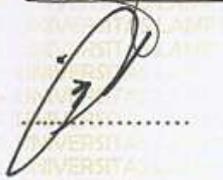
**Ketua : Febi Eka Febriansyah, M.T.** .....



**Sekretaris : Bambang Hermanto, S.Kom., M.Cs** .....



**Penguji  
Bukan Pembimbing : Ir. Machudor Yusman M, M.Kom** .....

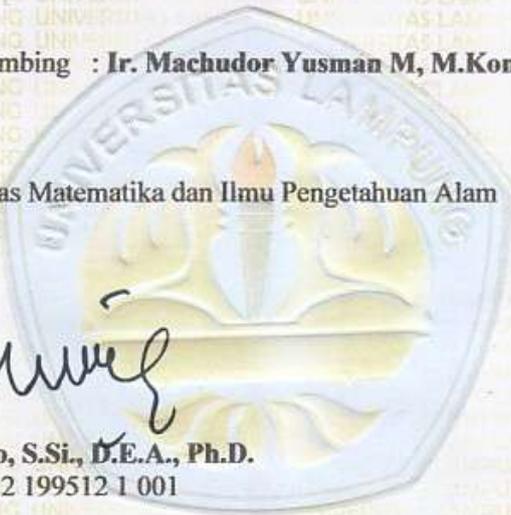


**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D.**  
NIP. 19710212 199512 1 001

**Lulus Ujian Tanggal : 13 Juli 2018**



## ESKAYATIRIN

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Studi dan Impementasi Konversi Aksara Jawa ke Aksara Latin menggunakan *Back Propagation Neural Network*” merupakan karya saya sendiri dan bukan karya orang lain. Semua tulisan yang tertuang di skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti skripsi saya merupakan hasil penjiplakan atau dibuat orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar yang telah saya terima.

Bandar Lampung, 27 Juli 2018



**BOBI GUSMARA**

NPM. 1317051014

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan pada tanggal 7 Februari 1996 di Kabupaten Wonogiri Provinsi Jawa Tengah, sebagai anak sulung dari tiga bersaudara, dari Ibu Sri Wahyuni dan Bapak Muhadi.

Penulis menyelesaikan pendidikan formal di Taman Kanak-kanak Aisyah Bustanul Atfhal II Baturetno, Wonogiri, Jawa Tengah pada tahun 2001, menyelesaikan Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Baturetno, Wonogiri, Jawa Tengah pada tahun 2007, sempat bersekolah di Sekolah Menengah Atas Negeri 17 Bandar Lampung selama 1 semester pada tahun 2010, kemudian pindah dan melanjutkan hingga menyelesaikan pendidikan di Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Baturetno, Wonogiri, Jawa Tengah pada tahun 2013.

Pada tahun 2013 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Pada bulan Januari – Maret 2016, penulis melakukan kerja praktik di Dinas Pendapatan Daerah Kabupaten Lampung Tengah pada Bidang Pendaftaran dan Retribusi selama 40 hari. Lalu pada bulan Juli – Agustus 2016 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sri Basuki, Kecamatan Kalirejo, Kabupaten Lampung Tengah selama 40 hari. Penulis mengikuti organisasi jurusan yaitu Himakom sebagai anggota Bidang Keilmuan pada tahun ajaran 2013-2014.

## PERSEMBAHAN

*Puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.*

*Kupersembahkan karya ini sebagai tanda bukti kecintaanku kepada kedua orang tuaku Bapak Muhadi dan Ibu Sri Wahyuni, serta kedua adikku, yang senantiasa memberikan nasihat, doa, semangat serta segenap daya dan upaya demi tercapainya satu dari sekian banyak impian yang ingin kuraih.*

*Kupersembahkan juga karya ini kepada segenap keluarga besar Ilmu Komputer Angkatan 2013, serta Almamater tercinta, Universitas Lampung.*

**MOTTO**

*“Jadilah seperti pusaran air di tengah lautan yang walaupun jarang terlihat tetapi keberadaannya selalu diperhitungkan.”*

*“Kawula mung saderma, mobah-mosik kersaning Hyang sukmo.”*

*“Ojo rumongso biso ning biso’o ngrumongso.”*

*“Ajining diri soko lathi, ajining rogo soko busono.”*

*“Adigang, adigung, adiguno.”*

## SANWACANA

Puji syukur Penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi yang berjudul “Studi dan Implementasi Konversi Aksara Jawa ke Aksara Latin menggunakan *Back Propagation Neural Network*” ini ditulis untuk memenuhi persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Komputer di Jurusan Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada semua orang yang membaca dan dapat memberikan kontribusi dalam perkembangan ilmu pengetahuan. Penulis memohon maaf apabila masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini.

Terima kasih penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang telah mendukung dan berperan besar dalam proses penyusunan hingga selesainya skripsi ini, antara lain:

1. Kedua orangtua tercinta, Bapak Muhadi dan Ibu Sri Wahyuni serta adikku Bagas Priangga dan Melinda Maha Putri atas dukungan, doa, nasihat, semangat, kasih sayang serta segenap daya upaya dalam proses penyusunan dan penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Febi Eka Febriansyah, M.T. sebagai pembimbing yang selalu memberikan doa, dukungan, ide, nasihat serta kritik dan saran selama penyusunan skripsi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Bambang Hermanto, S. Kom., M. Cs. sebagai pembahas pertama yang telah membimbing serta memberikan kritik dan saran sehingga dapat mengevaluasi kekurangan dalam skripsi ini.

4. Bapak Ir. Machudor Yusman M., M. Kom. sebagai pembahas kedua yang telah membimbing serta memberikan kritik dan saran sehingga dapat mengevaluasi kekurangan dalam skripsi ini.
5. Bapak Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D. sebagai Dekan FMIPA Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Ir. Kurnia Muludi, M.S.Sc., selaku Ketua Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung.
7. Bapak Didik Kurniawan, S.Si., M.T. sebagai Sekretaris Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung yang telah banyak membantu penulis selama perkuliahan.
8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Ilmu Komputer yang telah memberikan ilmu dan pengalaman hidup selama penulis menjadi mahasiswa.
9. Ibu Ade Nora Maela yang telah membantu segala urusan administrasi penulis di Jurusan Ilmu Komputer.
10. Mas Naufal yang telah membantu penulis dalam urusan ruangan yang digunakan dalam proses seminar dan sidang skripsi.
11. Bude Sri Hartati dan Pakde Narto yang tanpa lelah menyemangati dan mendukung penulis sejak awal kuliah hingga sampai tahap ini.
12. Bapak Akhmad Suhadi dan Ibu Sri Wardhani yang selalu memberikan inspirasi, dukungan dan dorongan selama proses penyusunan skripsi ini.
13. Tessya Cynthia Pertiwi yang dalam satu tahun terakhir selalu marah apabila penulis malas mengerjakan skripsi, selalu antusias ketika penulis meminta bantuan tentang skripsi dan tanpa lelah memberi semangat, dukungan, motivasi dan kasih sayang selama penulis menyusun skripsi ini. Terima kasih.

14. Sahabat seperjuangan sekaligus sahabat baikku Asep Fathurrahman, Ari Ardianto, Febri Arianto, Hassena Deva Suhendra, Iban Kurniawan, Iqbal Amil Rahmat, Indra Wijaya, Rizki Agung Prabowo, Tri Andika dan Wahyudi yang selalu setia menemani dan memberikan semangat selama lima tahun terakhir.
15. Keluarga Ilmu Komputer 2013 yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.
16. Sahabat seperjuangan KKN Tematik Desa Sri Basuki, Kalirejo, Lampung Tengah 2016 M. Ridho Dinata, Fitria Ramadhani, Meilia Lovita, Adelia Yolanda Permata, Sinta Setiani Pangestu dan Lianty Mandara.
17. Almamater tercinta, Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 10 Juli 2018

Bobi Gusmara

## DAFTAR ISI

### Halaman

DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR KODE.....	xix
I. PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan Penelitian .....	3
C. Manfaat Penelitian.....	3
D. Rumusan Masalah.....	4
E. Batasan Masalah .....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	5
A. Bahasa dan Aksara Jawa.....	5
1. Sejarah Bahasa Jawa.....	5
2. Aksara Jawa .....	7
B. Pengolahan Citra.....	11
1. Definisi Pengolahan Citra.....	11
2. Pembentukan Citra Digital.....	12
3. Jenis Citra .....	13
4. Proses Pengolahan Citra .....	15
C. Jaringan Syaraf Tiruan .....	17
D. <i>Back Propagation Neural Network</i> .....	19

E. Pengenalan Pola .....	24
F. Pemrograman Matlab .....	27
1. Pengenalan Matlab .....	27
2. <i>Statement Variabel</i> dan <i>Assignment</i> .....	28
3. <i>Back Propagation</i> dalam Matlab .....	30
III. METODOLOGI PENELITIAN .....	31
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	31
B. Alat dan Bahan Penelitian .....	31
C. Tahap-Tahap dalam Penelitian .....	32
1. Studi Literatur .....	33
2. Pengumpulan Data Sampel .....	33
3. Praproses .....	34
4. Ekstraksi Fitur Data Sampel .....	35
5. Pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan .....	37
4. Perancangan Sistem dan Pengujian Sistem .....	41
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	42
A. Pengumpulan Data untuk Penelitian .....	42
B. Praproses .....	43
C. Ekstraksi Fitur .....	44
D. Pelatihan Data menggunakan <i>Back Propagation Neural Network</i> .....	45
E. Perancangan dan Pengujian Sistem .....	47
V. KESIMPULAN DAN SARAN .....	54
A. Kesimpulan .....	54
B. Saran .....	55
DAFTAR PUSTAKA .....	56
LAMPIRAN .....	57

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
2 1. Aksara Nglegena .....	8
2 2. Aksara Pasangan .....	8
2 3. Aksara Murda.....	9
2 4. Aksara Swara .....	9
2 5. Aksara Rekan .....	9
2 6. Aksara Sandhangan.....	10
2 7. Aksara Pratandha .....	10
2 8. Koordinat Citra Digital .....	11
2 9. Format Warna 8 bit truecolor.....	14
2 10. Format Warna 16 bit .....	14
2 11. Jaringan Syaraf Tiruan Sederhana .....	18
2 12. Algoritma Pelatihan <i>Back Propagation</i> dengan Satu Layer Tersembunyi dan dengan Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner .....	20
2 13. Proses Klasifikasi secara umum.....	25
2 14. Command Window Matlab .....	27
3 1. Tahap-tahap Penelitian.....	32
3 2. Contoh Data Latih .....	38
3 3. Hasil dari Proses Pelatihan Data .....	39
3 4. Hasil Nilai Target Error (MSE).....	40
3 5. Hasil Nilai Koefisien Korelasi .....	40
4 1. Sampel Data berupa Angket.....	42
4 2. Proses Cropping .....	43
4 3. (a) Citra “Kakang” 244x97 piksel. (b) Citra “Kakang” 213x93 pisel. (c) Citra “Kebak” 352x93 piksel. (d) Citra “Kebak” 273x87 piksel.....	43
4 4. Grafik Perbandingan Rata-rata Koefisien Korelasi.....	47

4 5. Rancangan Interface Sistem.....	48
4 6. Performa Total Pengujian Sistem berdasarkan Akurasi Kelompok Data .....	53

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
4.1. Sampel Hasil Ekstraksi Fitur.....	44
4.2. Hasil Pelatihan Data menggunakan Jumlah Neuron berbeda .....	46
4.3. Tingkat Akurasi pada setiap Kelompok Data .....	52

## DAFTAR KODE

<b>Kode</b>	<b>Halaman</b>
4.1. Fungsi untuk membuat Jaringan Syaraf Tiruan .....	45
4.2. Kode Program untuk Pelatihan Data.....	46

## **I. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Indonesia merupakan sebuah negara kepulauan dengan ribuan budaya dan adat istiadat. Wilayah negara yang luas dan terdiri dari bermacam-macam vegetasi melahirkan banyak keberagaman. Dari begitu banyak budaya dan adat istiadat yang lahir dan tumbuh di Indonesia, maka lahir pula banyak warisan budaya berupa bahasa, rumah adat, tarian, hasil kerajinan tangan, dan lainnya. Salah satu aspek penting dalam budaya yaitu bahasa, karena bahasa menjadi kunci dalam berkomunikasi dan bertukar informasi dalam kehidupan sehari-hari. Bahasa sendiri pun dapat berupa pengucapan lisan maupun ditulis dalam bentuk aksara. Salah satu aksara yang cukup unik dan menarik untuk dipelajari yaitu aksara Jawa.

Bahasa Jawa merupakan salah satu warisan budaya tertua negara Indonesia. Para peneliti percaya bahwa bahasa Jawa telah digunakan berabad-abad lalu pada jaman kerajaan, terutama pada jaman kerajaan Majapahit yang terkenal dengan hegemoninya. Bahasa Jawa lahir menjadi salah satu bahasa yang mencirikan bangsa Indonesia. Bahkan bahasa Jawa dijadikan bahasa nasional sebuah negara di Amerika Selatan, yaitu Suriname. Pada jaman dahulu bahasa

Jawa menjadi sarana untuk berkomunikasi dalam kehidupan sehari-hari maupun untuk keperluan tertentu. Aksara Jawa digunakan sebagai standar penulisan sehari-hari oleh masyarakat, namun lama kelamaan penggunaan bahasa dan aksara Jawa mulai berkurang. Berkurangnya penggunaan bahasa dan aksara Jawa menjadi sebuah ancaman hilangnya budaya Indonesia. Hal ini tentu saja tidak diinginkan dan sebisa mungkin kita hindari.

Kemajuan teknologi komputer saat ini sangat pesat. Sistem komputer dikembangkan agar dapat melakukan proses pengenalan suatu pola sebagaimana kemampuan manusia. Sistem pengenalan pola yang banyak dimanfaatkan saat ini seperti pengenalan sidik jari dan telapak tangan yang berupa citra, pengenalan suara, sampai pengenalan tulisan. Salah satu dari pengenalan pola yang umum yang dikenal orang adalah pengenalan tulisan. Tulisan memiliki sifat yang unik sehingga menghasilkan sebuah permasalahan baru yang menarik untuk diangkat.

Salah satu cara menjaga kelestarian aksara Jawa ini yaitu dengan memanfaatkan teknologi komputer, ilmu pengenalan pola, proses pengolahan citra, dan jaringan syaraf tiruan. Dari gabungan beberapa unsur tersebut diharapkan dapat menghasilkan sebuah aplikasi yang dapat membantu manusia dalam mengkonversikan aksara Jawa menjadi aksara Latin. Salah satu aplikasi yang mungkin dibangun yaitu aplikasi pengenalan pola aksara Jawa.

Penulis sebagai putra daerah (Jawa) merasa tergugah untuk mengimplementasikan hasil studi di Jurusan Ilmu Komputer Universitas Lampung dengan ilmu budaya Jawa yang pernah didapat sebelumnya. Di

samping itu penulis juga menemukan banyak siswa di SMA Negeri 1 Baturetno Kecamatan Baturetno, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah yang bersuku Jawa namun mengalami kesulitan dalam membaca aksara Jawa. Oleh karena itu penulis melakukan penelitian ini. Penelitian mengenai pengenalan pola ini dilakukan untuk memenuhi syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Ilmu Komputer di Universitas Lampung.

## **B. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengimplementasikan algoritma *Back Propagation Neural Network* pada pengenalan pola aksara Jawa.
2. Mengklasifikasikan suatu citra aksara Jawa kemudian menentukan *class*-nya berdasarkan algoritma *Back Propagation Neural Network*.

## **C. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Menjadikan penelitian ini sebagai bahan rujukan penelitian lain mengenai pengenalan pola, aksara Jawa, metode klasifikasi *Back Propagation Neural Network*, atau metode ekstraksi fitur GLCM (*Grey Level Co-occurrence Matrix*).
2. Apabila penelitian ini dikembangkan menjadi *end-user software* dapat bermanfaat bagi tenaga pengajar (guru/dosen) dapat menjadi sarana pendukung proses mengajar Bahasa Jawa, bagi pelajar dapat menjadi sarana pendukung proses belajar Bahasa Jawa, dan bagi wisatawan

mancanegara maupun domestik yang berkunjung ke objek wisata di pulau Jawa yang masih kental dengan adatnya dapat menjadi petunjuk sekaligus penerjemah aksara Jawa yang mungkin dapat ditemui di sekitarnya.

#### **D. Rumusan Masalah**

Penelitian ini berisi tentang bagaimana mengubah citra aksara Jawa menjadi aksara Latin menggunakan metode klasifikasi *Back Propagation Neural Network* dan metode ekstraksi data GLCM (*Grey Level Co-occurrence Matrix*).

#### **E. Batasan Masalah**

Pada penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah yaitu:

1. Dalam penelitian ini tidak menghasilkan perangkat lunak *end-user*.
2. Perancangan dan pengujian sistem menggunakan *software* Matlab.
3. Input dalam perancangan dan pengujian sistem adalah gambar berbasis bitmap/raster.
4. Sistem ini hanya dapat menerjemahkan 200 kosakata bahasa Jawa yang terdiri dari dua atau tiga suku kata.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Bahasa dan Aksara Jawa**

#### **1. Sejarah Bahasa Jawa**

Bahasa Jawa adalah bahasa ibu internasional yang ke 11 dari 6000 bahasa ibu di dunia menurut catatan Unesco. Para ahli bahasa menyebut bahwa bahasa Jawa sebagai Bahasa Nusantara Purba. Claudius Ptolemaeus dalam karyanya “Geographike Hyphegesis” menulis tentang pulau Jawa pada abad II Masehi dengan nama Chryse Chernesos yang berarti Negeri Emas atau semenanjung emas. Nama pulau Jawa disebut pula sebagai nama sebuah tempat Iabadiou atau pulau Jelai. Iabadiou dibaca ‘Yawadiwu’, Yawa bahasa sansekerta artinya Jelai, diwu bahasa parkit dapat pula disebut dwipa dalam bahasa sansekerta.

Bahasa nusantara purba adalah bahasa Jawa tempo doeloe yaitu bahasa Jawa yang dikenali dalam keserumpunan bahasa Melayu Purba, digunakan di Malagasi dan beberapa tempat di daratan Asia Tenggara, yang kemudian oleh J. Crawfurd melakukan penelitian kosakata dalam berbagai kamus mengenai bahasa-bahasa di Austronesia, yang dibandingkan satu per satu dengan bahasa Jawa, antara lain:

- a. 8000 kata Malagasi ada 140 kata yang sama dengan bahasa Jawa

- b. 4560 kata Selandia Baru ada 103 kata yang sama dengan bahasa Jawa
- c. 3000 kata Marquesas ada 70 kata yang sama dengan bahasa Jawa
- d. 9000 kata Tagalog ada 300 kata yang sama dengan bahasa Jawa

Bahwa angka kesamaan yang hanya sekitar 2% itu dianggap tidak ada kesamaan dalam keserumpunan, meski demikian ada dua hal yang perlu dicatat yaitu:

1. Bahwa orang Indonesia bukan berasal dari mana-mana bahkan merupakan induk suku bangsa yang menyebar kemana-mana.
2. Bahasa Jawa adalah bahasa tertua dan bahkan merupakan induk dari bahasa-bahasa Austronesia yang lain.

Para peneliti bahasa Jawa kala itu hanya mempelajari Serat-serat Kasusastran Jawa sebagai bukti peninggalan sejarah dari abad IX-XVII Masehi, karena bahasa Jawa yang asli pada saat itu sudah sulit ditemukan karena tidak pernah diabadikan dalam bentuk kamus atau sejenisnya. Pada akhirnya ditentukan garis, sebagai batas waktu penelitian sejarah kebudayaan Jawa, yakni sejak masuknya kebudayaan India ke Austronesia dalam hal ini ke pulau Jawa.

Seiring bergulirnya waktu, bahasa Jawa Purba akhirnya digantikan oleh bahasa Jawa Kuna yang sebagian besar dipengaruhi oleh masa pemerintahan Hindu sejak jaman dinasti Syailendra dan Sanjaya yang berturut-turut menguasai nusantara, mulai dari Rakai Mataram 732-760

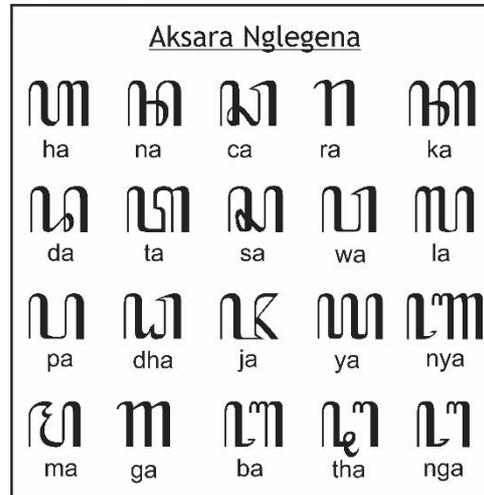
Masehi sampai Rakai Watuhumalang di pertengahan abad IX dengan bukti teks Jawa kuna sebelum aksara Jawa kuna digunakan secara resmi.

Jarak antara peralihan bahasa Jawa Purba ke bahasa Jawa Kuna ini pun cukup panjang hingga memakan waktu beberapa abad, karena memang tidak ada bukti yang menandai perjalanan waktu tersebut, seperti artefak atau sejenisnya. Munculnya pengakuan atas kekuasaan yang pernah menguasai pulau Jawa tertua tentang dinasti Salakanegara, yang menyatakan telah berdiri jauh sebelum kerajaan Tarumanegara, maka setidaknya bahasa Jawa kuno atau sebelumnya, pernah digunakan oleh orang-orang Jawa pada jaman dahulu kala. Jika yang ditulis dalam naskah Wangsakarta tentang keberadaan kerajaan Salakanegara, yang pernah menggunakan Bahasa Jawa Purba benar, maka setidaknya bahasa Jawa itu sudah dikenal pada masa abad III Masehi, atau mungkin sebelum itu sekitar awal abad satu masehi.

## **2. Aksara Jawa**

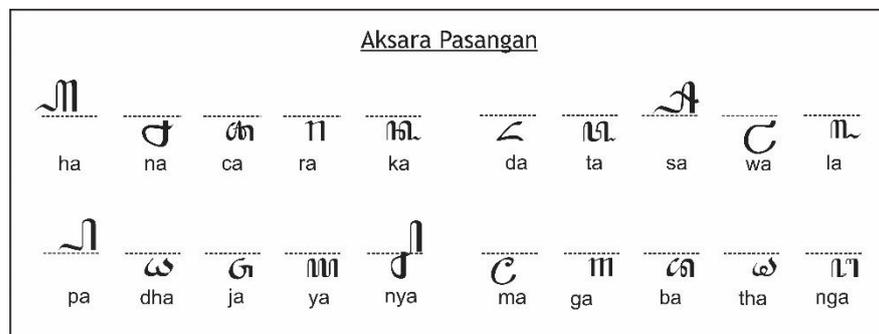
Abjad dalam bahasa Jawa cukup unik, terdiri dari 20 abjad konsonan yang disebut sebagai *aksara*. Bersama dengan semua karakter yang sama dengan karakter bahasa India, huruf tersebut bisa dipertimbangkan sebagai suku kata, terdiri dari sebuah huruf konsonan dan huruf vokal, yang diekspresikan tanpa variabel, kecuali oleh tanda tertentu. Berikut ini susunan dan fitur yang terdapat pada aksara Jawa.

- A. Memiliki 20 huruf konsonan dasar (aksara *Nglegena*) yaitu antara lain *ha, na, ca, ra, ka, da, ta, sa, wa, la, pa, dha, ja, ya, nya, ma, ga, ba, tha,* dan *nga* yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Aksara Nglegena

- B. Memiliki 20 huruf pasangan (aksara *Pasangan*) yang diperlukan untuk menekan vokal huruf konsonan di didepannya. Aksara Pasangan ditunjukkan pada Gambar 2.2.



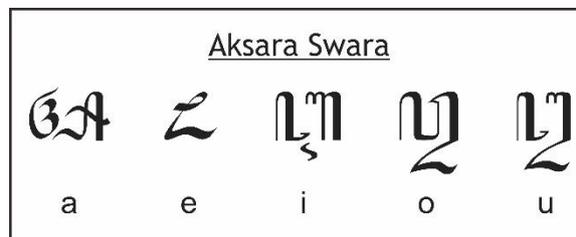
Gambar 2.2. Aksara Pasangan

- C. Memiliki 7 aksara huruf utama (*Murda*) dan pasangannya yang digunakan untuk menuliskan awal kalimat serta menuliskan kata yang menunjukkan nama diri, kota, atau lembaga. Aksara Murda ditunjukkan pada Gambar 2.3.



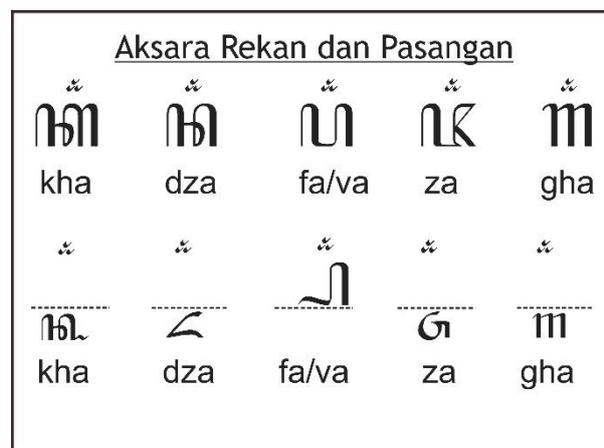
Gambar 2.3. Aksara Murda

D. Memiliki 5 huruf vokal mandiri (aksara *Swara*) yaitu A, E, I, O, dan U yang dalam kalimat biasanya digunakan pada awal kalimat atau untuk nama dengan awalan vokal yang mengharuskan penggunaan huruf kapital. Aksara Swara ditunjukkan pada Gambar 2.4.



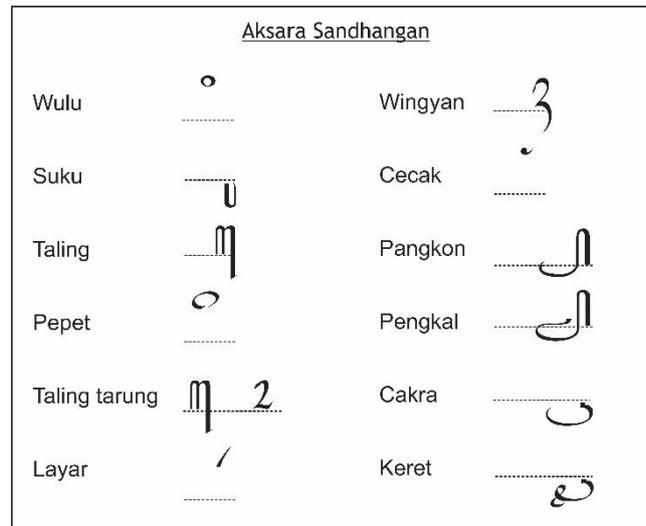
Gambar 2.4. Aksara Swara

E. Memiliki 5 huruf tambahan (aksara *Rekan*) dan pasangannya yang digunakan untuk menuliskan huruf yang berasal dari serapan bahasa asing, yaitu: *kh, f, dz, gh, dan z*. Aksara Rekan ditunjukkan pada Gambar 2.5.



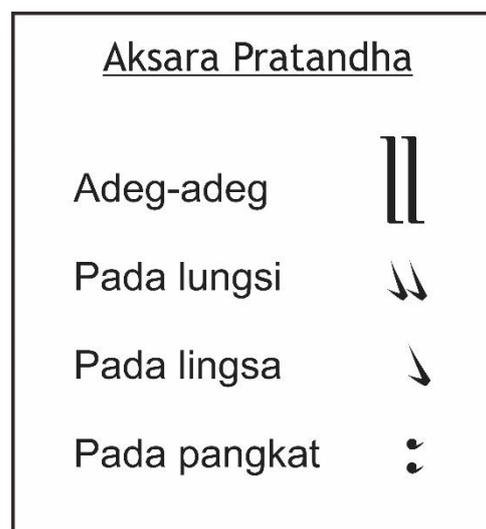
Gambar 2.5. Aksara Rekan

F. Memiliki 12 huruf vokal tidak mandiri (aksara *Sandhangan*) yang digunakan untuk vokal yang berada di tengah kata dan dibedakan termasuk berdasarkan cara bacanya. Aksara Sandhangan ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Aksara Sandhangan

G. Memiliki 4 tanda baca (*Pratandha*) yang penggunaannya berbeda-beda yang ditunjukkan pada Gambar 2.7.

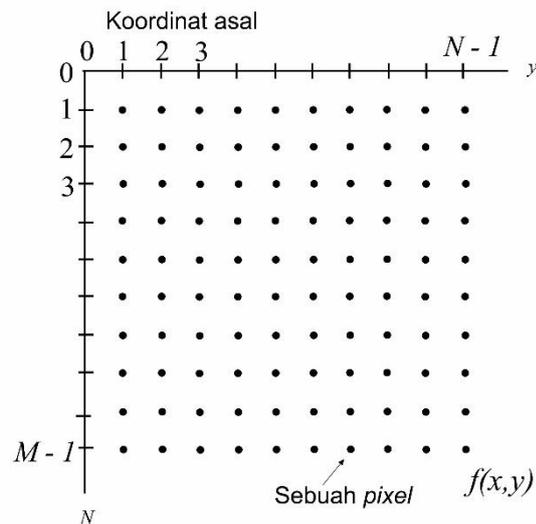


Gambar 2.7. Aksara Pratandha

## B. Pengolahan Citra

### 1. Definisi Pengolahan Citra

Pengolahan citra digital merujuk pada pemrosesan gambar berdimensi 2 menggunakan komputer. Dalam artian yang lebih luas, pengolahan citra digital mengacu pada pemrosesan setiap data 2 dimensi. Citra digital adalah suatu *array* yang berisi nilai-nilai real maupun kompleks yang direpresentasikan dalam deretan bit tertentu. Ketika nilai  $x$ ,  $y$  dan nilai amplitudo  $f$  secara keseluruhan berhingga dan bernilai diskrit maka citra tersebut dapat dikatakan sebagai citra digital. Koordinat citra digital ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Koordinat Citra Digital

(Sumber = Pengolahan Citra Digital halaman 20 oleh Darma Putra.)

Citra digital dapat direpresentasikan dalam matriks berikut:

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix}$$

Nilai yang terdapat pada irisan antara baris M dan kolom N (pada posisi x,y) biasanya disebut sebagai *picture elements*, *image elements*, *pels*, atau yang paling sering dan paling banyak digunakan pada citra digital yaitu *pixels*.

## 2. Pembentukan Citra Digital

Pembentukan citra digital melalui beberapa tahapan, yaitu akuisisi citra, *sampling*, dan kuantisasi.

### 1. Akuisisi Citra

Akuisisi citra adalah proses pemetaan sebuah pandangan (*scene*) menjadi citra kontinu dengan menggunakan sensor. Adapun sensor yang digunakan pada proses akuisisi citra ini yaitu sensor tunggal (*single sensor*), sensor garis (*strip sensor*) dan sensor larik (*array sensor*).

### 2. *Sampling*

Proses *sampling* adalah proses digitasi pada koordinat x, y. Seperti yang sebelumnya sudah disebutkan bahwa hasil dari sensor masih berupa citra kontinu yang merupakan fungsi kontinu f(x,y). Fungsi tersebut adalah sinyal kontinu pada nilai x, y dan juga amplitudonya (intensitas). Nilai x dan y yang kontinu akan diubah menjadi bentuk diskrit.

### 3. Kuantisasi

Proses ini merupakan suatu proses perubahan nilai amplitudo kontinu menjadi nilai baru yang berupa nilai diskrit. Nilai amplitudo yang memasuki proses kuantisasi adalah nilai pada koordinat diskrit hasil proses sampling. Sinyal kontinu yang telah dikuantisasi selanjutnya akan memiliki nilai 1-8 sesuai nilai level digitalnya.

### 3. Jenis Citra

Nilai suatu pixel memiliki nilai dalam rentang tertentu, dari nilai minimum hingga nilai maksimum. Jangkauan yang digunakan berbeda-beda tergantung jenis warnanya. Namun secara umum jangkauannya adalah 0 – 225. Citra dengan penggambaran seperti ini digolongkan dalam citra integer. Berikut ini jenis-jenis citra berdasarkan jumlah pikselnya:

#### 1. Citra Biner

Citra biner merupakan citra digital yang hanya memiliki dua nilai pixel yaitu hitam dan putih, yang juga disebut sebagai citra B&W (*Black and White*) atau citra monokrom. Citra biner hanya membutuhkan 1 bit untuk mewakili nilai setiap pixelnya.

#### 2. Citra *Grayscale*

Citra grayscale merupakan citra digital yang hanya memiliki satu nilai kanal pada setiap pixelnya, dengan kata lain nilai RED = GREEN = BLUE. Nilai tersebut digunakan untuk menunjukkan tingkat intensitas. Warna yang dimiliki yaitu putih, hitam dan keabuan. Tingkat keabuan yang dimaksud adalah merupakan warna abu dengan berbagai tingkatan

dari hitam hingga mendekati putih. Citra grayscale memiliki kedalaman warna 8 bit (256 kombinasi warna keabuan).

### 3. Citra Warna (8 bit)

Setiap pixel dari citra warna hanya diwakili oleh 8 bit dengan jumlah warna maksimum yang dapat digunakan adalah 256 warna. Ada dua jenis citra warna 8 bit, yang pertama citra warna yang menggunakan palet warna 256 dengan setiap paletnya memiliki pemetaan nilai RGB tertentu. Kedua yaitu citra warna yang dinamakan 8 bit *truecolor* yang memiliki format seperti pada Gambar 2.9.

Bit-7	Bit-6	Bit-5	Bit-4	Bit-3	Bit-2	Bit-1	Bit-0
R	R	R	G	G	G	B	B

*Gambar 2 9. Format Warna 8 bit truecolor*

Setiap pixel dari citra warna diwakili dengan 2 *byte memory* dengan jumlah warna maksimum yaitu 65.536 warna. Citra warna 16 bit juga disebut dengan citra *highcolor*. Dalam formasi bitnya, nilai merah dan biru menempati 5 bit di kiri dan kanan, sedangkan nilai hijau menempati 5 bit ditengah dengan ditambah 1 bit ekstra. Nilai hijau yang diberi 1 bit ekstra dikarenakan penglihatan manusia lebih sensitif terhadap warna hijau. Format warna 16 bit ditunjukkan oleh Gambar 2.10.

Bit-15	Bit-14	Bit-13	Bit-12	Bit-11	Bit-10	Bit-9	Bit-8	Bit-7	Bit-6	Bit-5	Bit-4	Bit-3	Bit-2	Bit-1	Bit-0
R	R	R	R	R	G	G	G	G	G	G	B	B	B	B	B

*Gambar 2 10. Format Warna 16 bit*

### 4. Citra Warna (24 bit)

Setiap pixel citra warna diwakili dengan 24 bit sehingga memiliki total 16.777.216 variasi warna. Variasi warna ini dinilai sudah cukup untuk

memvisualisasikan seluruh warna yang dapat dilihat oleh manusia yang hanya dapat membedakan 10 juta warna saja. Setiap poin informasi pixel disimpan dalam 1 *byte* data, 8 bit pertama menyimpan nilai biru, kemudian hijau pada 8 bit kedua, dan merah pada 8 bit terakhir.

#### 4. Proses Pengolahan Citra

Proses pengolahan citra adalah sebagai berikut.

##### a. Binerisasi Citra

Binerisasi citra adalah proses merubah citra kedalam bentuk biner (0 dan 1). Proses ini menyebabkan citra hanya memiliki dua warna yaitu hitam dan putih.

##### b. *Slicing*

*Slicing* merupakan proses pemotongan citra beberapa bagian untuk mendapatkan informasi yang diinginkan. Pada penelitian ini fungsi *slicing* untuk memisahkan citra aksara yang terdapat pada lembar data penelitian.

##### c. *Cropping*

*Cropping* adalah proses pemotongan citra pada koordinat tertentu di area citra. Untuk memotong citra digunakan dua koordinat, yaitu koordinat awal yang merupakan koordinat awal bagi citra hasil pemotongan dan koordinat akhir yang merupakan titik koordinat akhir dari citra hasil pemotongan.

d. Deteksi Tepi (*canny*)

Deteksi tepi (edge detection) pada suatu citra adalah suatu proses yang menghasilkan tepi-tepi dari objek-objek gambar dan merupakan langkah pertama untuk melingkupi informasi didalam citra. Canny dikenal sebagai deteksi tepi yang optimal, algoritma ini memberikan tingkat kesalahan yang rendah, melokalisasi titik-titik tepi serta memberikan satu tanggapan untuk satu tepi.

e. Morfologi Dilasi

Dilasi merupakan perluasan objek atau menambah piksel pada batasan dari objek dalam suatu citra.

f. *Fill* (pengisian)

Fill merupakan proses pengisian piksel yang berlubang.

g. *Resizing*

Resizing merupakan proses untuk merubah ukuran piksel suatu citra. Pengubahan ukuran citra dilakukan dengan metode interpolasi. Interpolasi adalah sebuah metode citra untuk meningkatkan jumlah piksel pada suatu citra digital. Interpolasi bekerja dengan menggunakan data yang diketahui untuk memperkirakan nilai-nilai pada titik yang tidak diketahui.

### C. Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) adalah paradigma pemrosesan informasi yang terinspirasi dari sistem syaraf dalam ilmu biologi. Kunci utama elemen paradigma ini yaitu struktur syaraf dan sistem pemrosesan informasi. JST ini tersusun dari banyak elemen proses yang saling berhubungan (neuron) yang bekerja bersama untuk memecahkan suatu masalah tertentu. Sebuah JST dikonfigurasi untuk sebuah aplikasi tertentu, seperti pengenalan pola atau klasifikasi data, melalui proses pembelajaran.

JST merupakan salah satu jenis kecerdasan buatan yang berusaha untuk mengimitasi cara kerja otak manusia. JST bekerja dengan menggunakan model digital. Dimana seluruh proses komputasi memanipulasi angka 0 dan 1, sebuah JST bekerja dengan membangun hubungan antara elemen proses dan neuron yang diciptakan komputer. JST adalah suatu prosesor yang terdistribusi secara paralel yang memiliki kecenderungan untuk menyimpan pengetahuan eksperimental dan menjadikannya tersedia untuk digunakan.

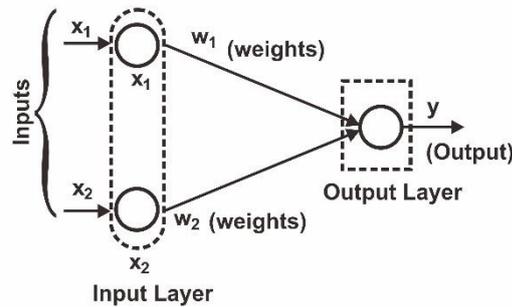
JST menyerupai otak manusia dalam dua aspek.

1. Pengetahuan didapatkan oleh jaringan melalui proses pembelajaran.
2. Kekuatan koneksi inter-neuron yang dikenal sebagai bobot sinaptik digunakan untuk menyimpan pengetahuan.

Suatu neuron tiruan diklasifikasikan oleh,

1. Arsitektur (sambungan antar neuron)
2. Pelatihan atau pembelajaran (menentukan bobot dalam sambungan)
3. Fungsi aktivasi

Sebuah jaringan syaraf tiruan sederhana dengan dua input neuron ( $x_1$ ,  $x_2$ ) dan satu output neuron ( $y$ ) ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2 11. Jaringan Syaraf Tiruan Sederhana

(Sumber = *Neural Networks: A Systematic Introduction* oleh Raul Rojas)

Bobot yang saling terhubung dituliskan sebagai  $w_1$  dan  $w_2$ . Sebuah neuron tiruan adalah elemen pemrosesan dengan  $p$ -input dengan output tunggal, yang dapat diasumsikan sebagai model sederhana dari neuron biologis tanpa ranting. Berbagai macam input terhadap jaringan diwakili oleh simbol matematika,  $x$  ( $n$ ). Setiap input tersebut dikalikan oleh bobot sambungan. Bobot tersebut diwakili sebagai  $w(n)$ . Dalam kasus yang paling sederhana, produk-produk tersebut secara sederhana disimpulkan, melalui fungsi transfer untuk meng-generate hasil dan kemudian diteruskan sebagai output. Proses ini mengarahkan ke implementasi fisik kepada skala besar dalam paket yang kecil. Implementasi ini masih mungkin dilakukan dengan struktur jaringan yang lain, yang memanfaatkan fungsi penjumlahan yang berbeda seperti fungsi transfer yang berbeda.

#### ***D. Back Propagation Neural Network***

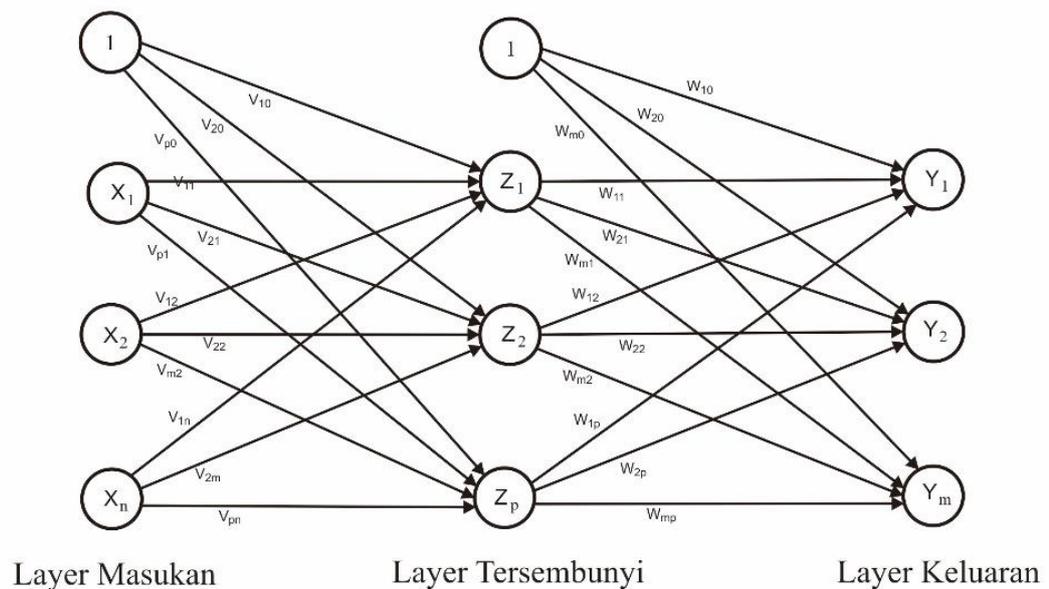
*Back propagation* merupakan salah satu dari algoritma pembelajaran dalam jaringan syaraf tiruan. Proses pembelajaran dalam algoritma *back propagation* dilakukan dengan penyesuaian bobot jaringan syaraf tiruan dengan arah mundur berdasarkan nilai error dalam proses pembelajaran. *Back propagation* sendiri adalah salah satu jenis jaringan syaraf tiruan yang mengadopsi cara kerja neuron secara biologis dengan berfokus pada cara kerja syaraf otak. Jaringan syaraf tiruan terdiri dari kumpulan node dan relasi. Ada tiga tipe node (neuron) yaitu input, hidden dan output. Setiap relasi menghubungkan dua node dengan bobot tertentu dan juga memiliki arah yang menunjukkan aliran data dalam proses.

Node input adalah layer pertama dalam jaringan syaraf. Secara umum setiap node input merepresentasikan sebuah parameter input seperti umur, jenis kelamin, dan lain-lain. Node hidden merupakan node yang terdapat di bagian tengah jaringan syaraf yang bertugas untuk menerima masukan dari node input. Masukan yang dimaksud bisa berasal dari node input layer pertama atau dari node hidden di layer sebelumnya. Node hidden mengombinasikan semua masukan berdasar bobot dari relasi yang terhubung, melakukan kalkulasi, dan memberikan keluaran untuk layer berikutnya. Node output biasanya merepresentasikan atribut yang diprediksi, yang biasanya berupa nilai floating antara 0 dan 1.

*Back propagation* bekerja melalui proses secara iteratif dengan menggunakan sekumpulan contoh data (data training), membandingkan nilai prediksi dari jaringan dengan setiap contoh data. Dalam setiap proses, bobot relasi dalam

jaringan dimodifikasi untuk meminimalkan nilai *Mean Squared Error* (MSE) antara nilai prediksi dari jaringan dengan nilai sesungguhnya. Modifikasi relasi jaringan syaraf tersebut dilakukan dalam arah mundur, dari output layer hingga layer pertama dari hidden layer sehingga metode ini disebut *back propagation* (perambatan balik).

Terdapat 3 fase dalam algoritma pelatihan *back propagation* yaitu fase maju (*feed forward*), fase mundur (*back propagation*) dan fase modifikasi bobot. Dalam fase *feed forward*, pola masukan dihitung maju dimulai dari lapisan input hingga lapisan output. Dalam fase *back propagation*, tiap-tiap unit output menerima target pola yang berhubungan dengan pola input untuk dihitung nilai kesalahan. Kesalahan tersebut dipropagasikan mundur. Sedangkan fase modifikasi bobot bertujuan untuk menurunkan kesalahan yang terjadi. Algoritma *back propagation* dengan satu layer tersembunyi ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12. Algoritma Pelatihan Back Propagation dengan Satu Layer Tersembunyi dan dengan Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner

Algoritma dalam pelatihan *Back Propagation Neural Network* dijabarkan sebagai berikut:

- **Langkah 0**

Inisialisasi semua bobot ( $w$ ) dengan bilangan acak kecil.

Tetapkan maksimum Epoch, Target Error, dan Learning Rate.

Inisialisasi Epoch = 0, MSE = 1.

(Epoch yaitu satu siklus pelatihan yang melibatkan semua pola).

- **Langkah 1**

Selama ( $Epoch < maksimum\ Epoch$ ) dan ( $MSE > Target\ Error$ ), maka

$Epoch = Epoch + 1$ .

Jika kondisi penghentian belum terpenuhi, lakukan langkah 2 sampai dengan 8.

- **Langkah 2**

Untuk setiap pasang data pelatihan, lakukan langkah 3 sampai 8.

*Fase I: Propagasi Maju*

- **Langkah 3**

Tiap unit masukan menerima sinyal dan kemudian meneruskan ke unit tersembunyi.

- **Langkah 4**

Hitung semua keluaran di unit tersembunyi ( $Z_j$ ):

$$z_{netj} = v_{j0} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ji}$$

$$z_j = f(z_{netj}) = \frac{1}{1 + e^{-z_{netj}}}$$

- **Langkah 5**

Hitung semua jaringan di unit keluaran ( $Y_k$ ):

$$y\_net_k = w_{k0} + \sum_{j=1}^p x_j v_{kj}$$

$$y_k = f(y\_net_k) = \frac{1}{1+e^{-y\_net_k}}$$

*Fase II: Propagasi Mundur*

- **Langkah 6**

Hitung faktor  $\delta$  unit keluaran berdasarkan kesalahan setiap unit keluaran  $y_k$  ( $k = 1, 2, 3, \dots$ ).

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y\_net_k) = (t_k - y_k) y_k(1-y_k)$$

$\delta_k$  merupakan unit kesalahan yang akan dipakai dalam perubahan bobot layer di bawahnya (langkah 7).

Hitung suku perubahan bobot  $W_{kj}$  dengan laju perubahan  $\alpha$ .

$$\Delta w_{kj} = \alpha \delta_k z_j \quad ; k = 1, 2, 3, \dots, m \quad ; j = 0, 1, 2, \dots, p$$

- **Langkah 7**

Hitung faktor  $\delta$  unit tersembunyi berdasarkan kesalahan di setiap unit tersembunyi  $z_j$  ( $j=1, 2, 3, \dots, p$ )

$$\delta\_net_j = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{kj}$$

Faktor unit tersembunyi

$$\delta_j = \delta\_net_j f'(z\_net_j) = \delta\_net_j z_j(1-z_j)$$

Hitung suku perubahan bobot  $v_{ji}$

$$\Delta v_{ji} = \alpha \delta_j x_i \quad ; j = 1, 2, 3, \dots, p \quad ; i = 0, 1, 2, \dots, n$$

*Fase III: Perubahan Bobot*

- **Langkah 8**

Perubahan bobot garis yang menuju unit keluaran

$$w_{kj}(\text{baru}) = w_{kj}(\text{lama}) + \Delta w_{kj}$$

Perubahan bobot garis yang menuju unit tersembunyi

$$v_{ji}(\text{baru}) = v_{ji}(\text{lama}) + \Delta v_{ji}$$

- **Langkah 9**

Hitung *Mean Squared Error (MSE)*.

Ketiga fase tersebut di ulang hingga kondisi penghentian dipenuhi. Umumnya kondisi penghentian yang sering dipakai adalah jumlah iterasi atau kesalahan. Iterasi akan berhenti jika jumlah iterasi yang dilakukan sudah melebihi jumlah maksimal iterasi yang ditetapkan.

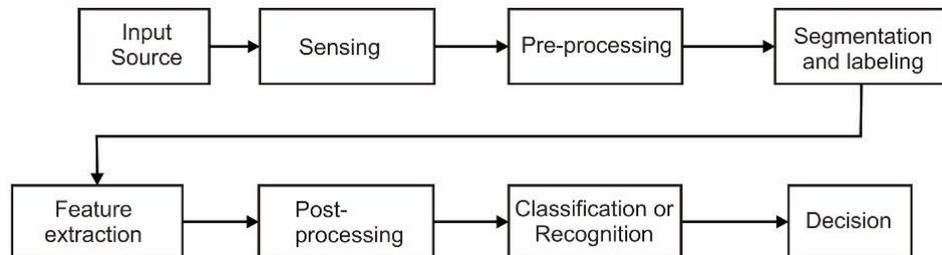
## E. Pengenalan Pola

Pengenalan pola merupakan salah satu cabang ilmu kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) yang menitikberatkan pada metode pengklasifikasian objek ke dalam kelas-kelas tertentu untuk menyelesaikan suatu masalah. Pengenalan pola pada komputer mengadaptasi konsep alat indera manusia yang memungkinkan mesin (komputer) memiliki kemampuan yang hampir sama dengan indera manusia dalam hal merasa (*sensing*).

Berikut ini adalah penerapan pengenalan pola yang saat ini banyak ditemui:

- A. *Voice Recognition* yaitu pengenalan pola suara yang digunakan sebagai kunci pengguna sistem.
- B. *Fingerprint Identification* yaitu pengenalan pola sidik jari sebagai pengganti password atau pin untuk mengakses sistem tertentu.
- C. *Face identification* yang menggunakan pengenalan wajah sebagai kunci bagi pengguna sistem, bahkan saat ini badan penegak hukum sedang mengembangkan sistem untuk mengidentifikasi para buronan dengan melakukan scanning pada wajah para pelaku kejahatan yang sudah di-database-kan berdasarkan foto pelaku kejahatan tersebut.
- D. *Handwriting identification* yang menggunakan pengenalan tulisan yang telah secara luas digunakan oleh sistem perbankan untuk membuktikan pelaku transaksi adalah orang yang benar-benar berhak.
- E. *Optical Character Recognition (OCR)* yang secara luas digunakan pada counter pengecekan barang.

F. *Robot vision* yang digunakan oleh aplikasi robotik dalam mengenali objek tertentu pada lingkungan yang unik. Proses klasifikasi secara umum ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13. Proses Klasifikasi secara umum

Pengenalan pola terbagi menjadi 3 tahapan utama yaitu pemrosesan awal, ekstraksi fitur dan klasifikasi atau pengenalan. Pemrosesan awal yaitu meliputi input data, *sensing*, pra-proses dan *segmentation and labeling*. Tahap ekstraksi fitur meliputi proses ekstraksi fitur itu sendiri dan post-proses. Tahap klasifikasi yaitu merupakan tahap akhir yang bekerja mengenali pola sebuah objek dan memasukkannya ke dalam kelas tertentu dan kemudian diambil keputusan (*decision*).

Penjelasan proses klasifikasi pada Gambar 2.13:

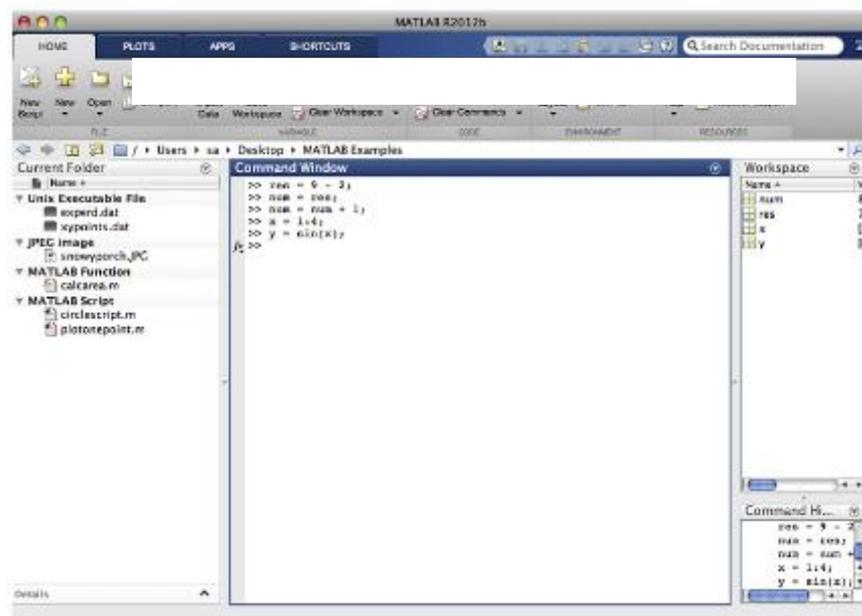
1. *Input source* yaitu proses memasukkan input data yang diklasifikasikan.
2. *Sensing* yaitu proses penginderaan yang menggunakan peralatan yang dapat mengkonversikan keragaman dalam kuantitas fisik, seperti kecerahan atau warna, ke dalam sinyal elektrik. Peralatan yang digunakan dalam pengenalan pola wajah atau tulisan yaitu kamera, sedangkan untuk pengenalan pola suara menggunakan mikrofon, dan sebagainya. Sinyal yang diperoleh dari gambar harus memiliki kualitas yang cukup untuk membedakan “fitur” agar dapat diukur.

3. *Pre-processing* yaitu tahap yang dilalui sebelum masuk ke proses ekstraksi fitur. Tahap pra-proses digunakan untuk menyesuaikan kondisi input (gambar) untuk disegmentasi. Penyesuaian yang dimaksud yaitu penghalusan gambar, penghilangan *noise* gambar, dan penyesuaian piksel gambar.
4. *Segmentation and labeling* yaitu proses memartisi gambar ke dalam bagian yang berguna untuk tugas tertentu. Dalam tahap ini ada dua pendekatan utama, yaitu metode berdasar bagian yang mendeteksi dengan setara, dan metode berdasar batasan, yaitu adanya deteksi terhadap pemutusan (*discontinuity*) tepi dan kemudian disambungkan untuk membentuk batasan kontinyu disekitar bagian.
5. *Feature extraction* yaitu proses pemecahan fitur. Fitur sendiri adalah karakteristik dari sebuah objek dimana nilainya bisa sama dengan objek lain pada kelas tertentu, dan berbeda dengan kelas yang lain. Fitur dapat bersifat kontinu atau kategorial.
6. *Post-processing* yaitu proses lanjutan dari ekstraksi fitur. Proses ini berguna untuk memproses fitur yang telah diekstraksi untuk kemudian dilanjutkan ke proses klasifikasi.
7. *Classification and recognition* yaitu tahap dimana suatu objek ditempatkan pada kelas atau kategori tertentu berdasarkan informasi yang didapat dari fitur.

## F. Pemrograman Matlab

### 1. Pengenalan Matlab

Matlab adalah sebuah paket software matematika dan grafika dengan kemampuan numerik, grafik, dan pemrograman. Matlab memiliki fungsi yang tertanam untuk melakukan banyak operasi, dan juga memiliki toolbox yang bisa ditambahkan untuk memperbanyak fungsi. *Command window* Matlab ditunjukkan pada Gambar 2 14.



Gambar 2 14. *Command Window Matlab*

Pada jendela perintah Matlab dapat digunakan secara interaktif. Pada jendela tersebut, perintah atau ekspresi Matlab apapun dapat dimasukkan, dan Matlab akan merespon sesegera mungkin dengan hasil. Pada Matlab juga memungkinkan menuliskan program yang memuat file *script* atau file-M.

Pada jendela perintah juga terdapat beberapa jendela tambahan yang dapat dibuka ataupun terbuka secara default. Versi Matlab yang berbeda dapat

menampilkan konfigurasi default dan tampilannya dapat dikostumisasi. Sebelah kiri jendela perintah menunjukkan folder tempat penyimpanan file yang sedang dibuka. Jendela ini menampilkan file yang tersimpan pada folder tersebut. File-file tersebut dapat dikelompokkan ke dalam kelompok tertentu seperti tipe file, nama file, dan sort (berurutan). Ketika sebuah file dipilih maka Matlab akan menampilkan informasi mengenai file tersebut di bagian bawah jendela.

Di sebelah kanan jendela perintah terdapat jendela *workspace* pada bagian atas dan jendela riwayat perintah di bagian bawahnya. Jendela riwayat perintah menampilkan perintah-perintah yang telah dimasukkan pada sesi terkini maupun sesi sebelumnya.

## 2. Statement Variabel dan Assignment

Untuk menyimpan nilai dalam Matlab diperlukan variabel. Workspace akan menampilkan variabel yang pernah dibuat dan nilai nya. Salah satu cara yang paling sederhana dalam membuat variabel adalah dengan menggunakan *assignment statement*, dengan format sebagai berikut:

```
variablename = expression
```

Variabel selalu terletak di sebelah kiri diikuti dengan simbol *equality* (=) yang kemudian diikuti ekspresi. Ekspresi kemudian akan dievaluasi dan nilai hasil evaluasi tersebut disimpan dalam variabel.

Dalam penamaan variabel juga terdapat beberapa peraturan, yaitu antara lain:

1. Nama variabel harus diawali dengan karakter alfabet, kemudian setelah itu dapat diisi dengan huruf, angka, dan karakter *underscore* namun tidak boleh mengandung spasi.
2. Ada batasan mengenai panjang nama variabel, Matlab memiliki fungsi **namelengthmax** yang dapat menginformasikan berapa panjang maksimal sebuah nama variabel.
3. Matlab bersifat *case-sensitive* yang artinya perbedaan antara huruf kapital dan huruf kecil dapat berpengaruh terhadap program. Misalnya seseorang memberikan nama variabel *num*, *NUM* dan *Num* maka ketiga variabel tersebut akan dianggap berbeda meskipun ejaannya sama.
4. Meskipun karakter *underscore* adalah valid, namun penggunaannya dapat menyebabkan masalah bagi beberapa program yang berinteraksi dengan Matlab, oleh karena itu programmer biasanya menggunakan karakter yang dicampur.
5. Pada Matlab terdapat kata yang disebut sebagai *reserved words* atau *keywords* yang tidak dapat digunakan sebagai nama variabel.
6. Nama variabel harus bersifat *mnemonic* yaitu nama sebuah variabel harus masuk akal dan dapat mewakili nilai data sebenarnya. Misal ketika sebuah variabel akan menampung nilai luas sebuah lingkaran, maka nama variabel yang masuk akal dan dapat mewakili nilai adalah *luas*, berbeda dengan *x*, *y*, atau karakter lain yang tidak mewakili.

### 3. Backpropagation dalam Matlab

Matlab memiliki *toolbox* NN (*neural network*) yang dapat dimanfaatkan untuk menyelesaikan persoalan *backpropagation*. Untuk menginisialisasi fungsi NN maka perintah yang digunakan adalah *newff*.

Format yang diberikan oleh *toolbox* Matlab adalah sebagai berikut:

```
net = newff(minmax(P), [S1, S2, ..., SN],
            {TF1, TF2, ..., TFN},
            BTF, BLF, PF)
```

Setiap kali membentuk jaringan Matlab akan memberikan nilai bobot awal dengan bilangan random kecil. Nilai bobot tersebut akan berubah setiap kali menginisialisasi jaringan. Nilai bobot juga dapat ditentukan sendiri oleh programmer dengan menggunakan perintah `net.IW{i,j}` dan `net.LW{j,k}`.

Setelah melalui proses inisialisasi jaringan dan bobot, maka proses selanjutnya adalah simulasi hasil yang didapatkan dari inisialisasi dengan input yang sama terhadap input data pelatihan. Simulasi jaringan merupakan proses untuk menghitung keluaran jaringan. Perintah `sim` dalam Matlab dapat digunakan untuk melakukan simulasi. Formatnya adalah `Y = sim(net, P)`, sedangkan untuk melakukan pelatihan BPNN, digunakan fungsi `train` yang formatnya adalah `net = train (net, P, T)`.

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Skripsi dan lingkungan kampus Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang beralamatkan Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Gedong Meneng, Bandar Lampung dan SMA Negeri 1 Baturetno yang beralamat di Jl. Tromol Pos No. 11 Kec. Baturetno, Kab. Wonogiri, Jawa Tengah. Penelitian ini dilaksanakan pada semester ganjil dan semester genap tahun ajaran 2016/2017.

#### **B. Alat dan Bahan Penelitian**

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Perangkat keras (*hardware*).
  - a. Laptop Acer E1-432, prosesor Intel Celeron 1,4 GHz, GPU Intel HD Graphics, harddisk 500GB, RAM 2GB.
  - b. Scanner, untuk menyalin data berupa tulisan tangan aksara Jawa dari responden menjadi data gambar digital.
2. Perangkat lunak (*software*).
  - a. Sistem operasi Windows 8.1 Pro tipe 64bit.
  - b. Matlab R2015b, digunakan untuk melakukan koding dan pengujian.

- c. Paint, digunakan untuk proses *resize* citra.
  - d. Microsoft Excel 2016, digunakan untuk menyimpan hasil ekstraksi data sekaligus dataset.
3. Bahan, yaitu citra hasil tulisan tangan responden yang sudah dikonversikan menjadi data gambar digital.

### C. Tahap-Tahap dalam Penelitian

Tahap dalam penelitian ini direpresentasikan dalam diagram yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3 1. Tahap-tahap Penelitian

Berikut ini adalah penjelasan mengenai tahap-tahap dalam penelitian:

### **1. Studi Literatur**

Studi literatur adalah kegiatan mencari informasi maupun data mengenai hal-hal yang berhubungan dengan topik penelitian. Selain itu studi literatur juga dapat menemukan solusi atau saran mengenai rumusan masalah yang sudah dipaparkan sebelumnya. Objek studi literatur dapat berupa buku, jurnal penelitian, media cetak, internet dan media lainnya. Dalam penelitian ini dirumuskan beberapa pokok bahasan yang disertakan dalam tahap studi literatur.

1. Bahasa dan Aksara Jawa
2. Pengenalan Pola
3. Backpropagation Neural Network
4. Pemrograman Matlab

### **2. Pengumpulan Data Sampel**

Data sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berupa kosakata bahasa Jawa yang ditulis dengan aksara Jawa. Kosakata yang dimasukkan yaitu kosakata yang terdiri dari 2 hingga 3 suku kata. Data sampel dikumpulkan dari buku Kamus Bahasa Jawa (Basusastra Jawa) dengan mengambil 200 kosakata dari huruf a hingga z. Data sampel dibutuhkan untuk melatih jaringan syaraf tiruan agar dapat mengenali pola aksara Jawa.

Data sampel berupa 200 kosakata bahasa Jawa yang ditulis dengan aksara Jawa didapatkan dengan mengumpulkan tulisan tangan beberapa orang yang memiliki pola penulisan yang berbeda. Pengumpulan data ini

dilakukan dengan cara pengisian angket oleh partisipan. Setiap partisipan diminta untuk menuliskan 20 kosakata berbeda secara acak yang ditulis dengan aksara Jawa. Setiap kosakata memiliki 5 varian tipe penulisan berbeda, yang artinya setiap kosakata ditulis oleh 5 partisipan berbeda. Setiap lembar angket memuat beberapa kosakata berbeda beserta 5 varian penulisannya. Keseluruhan angket terdiri dari 1 lembar angket berisi 9 kosakata beserta variannya, 17 lembar angket berisi 11 kosakata beserta variannya, dan 1 lembar angket berisi 4 kosakata beserta variannya. Sehingga dalam tahap pengumpulan data ini dibutuhkan 19 lembar angket untuk menuliskan 200 kosakata dengan 5 varian.

Kosakata bahasa Jawa yang digunakan dalam penelitian ini dituliskan dalam Tabel 1 pada lembar Lampiran.

### **3. Praproses**

Tahap praproses adalah tahap yang penting dalam pengenalan pola terutama objek gambar. Tujuan dari tahap ini yaitu untuk mempersiapkan data agar dapat diolah dan diteruskan ke tahap selanjutnya. Proses yang dilakukan pada tahap ini yaitu pemotongan citra (*cropping*), dan mengubah ukuran objek/citra (*resizing*). Tahap pertama yaitu proses pemotongan gambar (*cropping*) yang bertujuan untuk memfokuskan gambar kepada aksara Jawa yang terlihat dan membuang garis tepi yang tidak dibutuhkan. Tahap terakhir yaitu *resizing*, mengubah resolusi citra yang telah melalui proses sebelumnya menjadi resolusi yang ditetapkan untuk setiap data. Tahap ini bertujuan untuk membuat semua data sampel memiliki resolusi piksel yang sama agar proses ekstraksi fitur dapat berjalan dengan optimal. Selain itu

juga agar tidak terlalu banyak nilai yang dibandingkan untuk mempercepat proses klasifikasi.

#### 4. Ekstraksi Fitur Data Sampel

Tahap ini adalah proses perubahan data sampel dari gambar menjadi informasi yang lebih baik dan dapat diproses. Ekstraksi fitur dalam penelitian ini menggunakan metode GLCM (*Grey Level Co-occurrence Matrix*). Pada proses ekstraksi fitur GLCM menghasilkan beberapa nilai yang kemudian dijadikan atribut dalam proses pengenalan pola. Nilai-nilai tersebut antara lain:

1. *Contrast*, yaitu nilai yang digunakan untuk mengukur fluktuasi distribusi intensitas sebuah gambar. Fitur ini mengembalikan ukuran intensitas kontras antara piksel dan tetangganya dari keseluruhan gambar.

Sedangkan persamaan untuk menghitung *Contrast* yaitu,

$$Contrast = \sum_{i,j=0}^{N-1} P_{ij}(i-j)^2 \quad \dots \dots \text{Persamaan (1)}$$

Keterangan.

- a. N = Nilai tingkat keabuan yang dibatasi antara 2 hingga 256.
  - b. *i* = Menunjukkan indeks untuk elemen secara lateral (trace ke-*i*).
  - c. *j* = Menunjukkan indeks untuk elemen secara vertikal (waktu ke-*j*).
  - d.  $P_{ij}$  = Nilai piksel dalam GLCM (elemen dari *i* dan *j*).
2. *Correlation*, yaitu nilai yang digunakan untuk mengukur korelasi antara piksel satu dengan piksel tetangga dari seluruh gambar. Fitur ini mengembalikan nilai seberapa berkorelasi piksel satu ke piksel

tetangganya dari keseluruhan gambar. Persamaan untuk menghitung *Correlation* yaitu,

$$Correlation = \sum_{i,j=0}^{N-1} P_{ij} \frac{(i - \mu)(j - \mu)}{\sigma^2} \quad \dots \text{Persamaan (2)}$$

Keterangan.

- a. N = Nilai tingkat keabuan yang dibatasi antara 2 hingga 256.
- b.  $i$  = Menunjukkan indeks untuk elemen secara lateral (trace ke- $i$ ).
- c.  $j$  = Menunjukkan indeks untuk elemen secara vertikal (waktu ke- $j$ ).
- d.  $P_{ij}$  = Nilai piksel dalam GLCM (elemen dari  $i$  dan  $j$ ).
- e.  $\mu$  = Rata-rata GLCM (Menjadi perkiraan intensitas semua piksel dalam hubungan yang berkontribusi terhadap GLCM).

Persamaan:

$$\mu = \sum_{i,j=0}^{N-1} i P_{ij} \quad \dots \text{Persamaan (3)}$$

- f.  $\sigma$  = Varian dari intensitas semua piksel referensi dalam hubungan yang berkontribusi terhadap GLCM

Persamaan:

$$\sigma = \sum_{i,j=0}^{N-1} P_{ij} (i - \mu)^2 \quad \dots \text{Persamaan (4)}$$

3. *Energy*, yaitu nilai yang digunakan untuk mengukur konsentrasi intensitas pasangan di *co-occurrence* matriks. Fitur ini mengembalikan jumlah elemen kuadrat dalam GLCM. Persamaan untuk menghitung *Energy* yaitu,

$$Energy = \sum_{i,j=0}^{N-1} P_{ij}^2 \quad \dots \text{Persamaan (5)}$$

Keterangan.

- a.  $N$  = Nilai tingkat keabuan yang dibatasi antara 2 hingga 256.
- b.  $i$  = Menunjukkan indeks untuk elemen secara lateral (trace ke- $i$ ).
- c.  $j$  = Menunjukkan indeks untuk elemen secara vertikal (waktu ke- $j$ ).
- d.  $P_{ij}$  = Nilai piksel dalam GLCM (elemen dari  $i$  dan  $j$ ).

4. *Homogeneity*, yaitu nilai yang digunakan untuk mengukur variasi intensitas gambar. Fitur ini mengembalikan nilai yang mengukur kedekatan distribusi elemen dalam GLCM ke diagonal GLCM.

Persamaan untuk menghitung *Homogeneity* adalah,

$$Homogeneity = \sum_{i,j=0}^{N-1} \frac{P_{ij}}{1 + (i - j)^2} \dots \text{Persamaan (6)}$$

Keterangan.

- a.  $N$  = Nilai tingkat keabuan yang dibatasi antara 2 hingga 256.
- b.  $i$  = Menunjukkan indeks untuk elemen secara lateral (trace ke- $i$ ).
- c.  $j$  = Menunjukkan indeks untuk elemen secara vertikal (waktu ke- $j$ ).
- d.  $P_{ij}$  = Nilai piksel dalam GLCM (elemen dari  $i$  dan  $j$ ).

## 5. Pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan

Tahap ini adalah tahap yang juga penting untuk menentukan seberapa akurat jaringan syaraf tiruan mengenali pola aksara Jawa yang diinputkan. Tahap pelatihan jaringan syaraf tiruan menggunakan *tool* yang disediakan dalam *software* Matlab yaitu *Neural Network Tools*. Jumlah data latih yang digunakan dalam proses pelatihan ini yaitu 1000 data, yang terdiri dari 200

kosakata dengan masing-masing 5 varian berbeda. Proses dalam tahapan ini yaitu:

1. Mempersiapkan data untuk melakukan pelatihan jaringan syaraf tiruan.

Contoh data latih ditunjukkan pada Gambar 3 2.

	A	B	C	D	E	F
1	No.	Contrast	Correlation	Energy	Homogeneity	Class
2	1	1,7069	0,8686	0,4350	0,8702	1
3	2	1,1692	0,8870	0,3730	0,8737	1
4	3	0,9783	0,8535	0,3361	0,8746	2
5	4	1,4991	0,8980	0,1269	0,8079	2
6	5	0,7263	0,9157	0,2783	0,8406	3
7	6	0,7273	0,8449	0,4031	0,8515	3
8	7	0,4254	0,9274	0,2588	0,8515	4
9	8	0,4937	0,9075	0,2312	0,8347	4
10	9	0,1285	0,7097	0,4768	0,9376	5
11	10	0,2014	0,8991	0,2177	0,9011	5

Gambar 3 2. Contoh Data Latih

2. Melakukan *coding* untuk membuat jaringan syaraf tiruan:

```
net = newff (minmax(data_latih), [40 1],
{'logsig','purelin'},'traingdx');
```

Jaringan syaraf tiruan yang dibuat memiliki arsitektur 4-40-1 (4 *input layer*, 40 *hidden layer*, 1 *output layer*) dengan inisialisasi bobot awal acak.

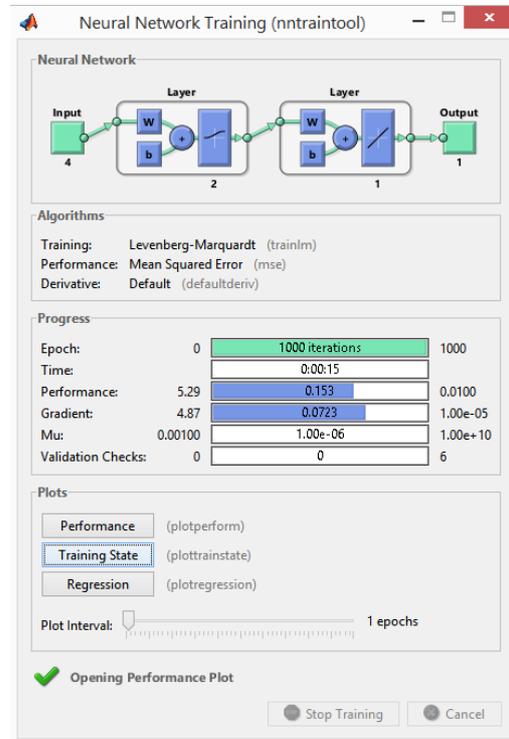
3. Melakukan pelatihan jaringan syaraf tiruan dengan beberapa pilihan jumlah neuron pada *hidden layer*.

Setelah proses pelatihan jaringan syaraf tiruan dilakukan maka akan memberikan hasil berupa nilai target error (mse), dan koefisien korelasi. Semakin kecil nilai target error dan nilai koefisien korelasi mendekati 1 maka semakin baik jaringan syaraf tiruan mengenali pola aksara Jawa.

Berikut ini adalah beberapa penjelasan dari proses pelatihan data:

### 1. Proses Pelatihan Data.

Hasil pelatihan data ditunjukkan pada Gambar 3 3.

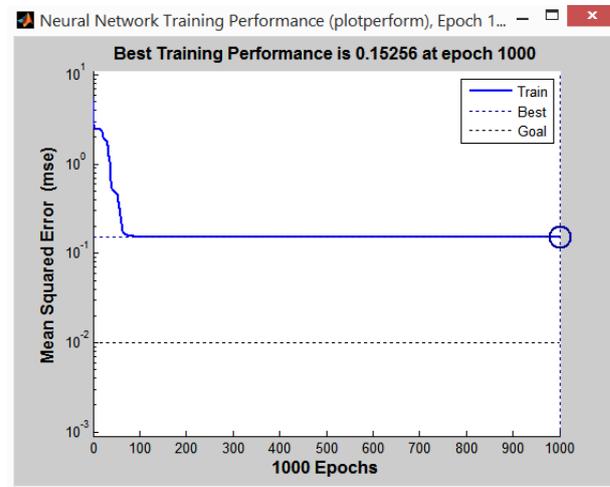


Gambar 3 3. Hasil dari Proses Pelatihan Data

Gambar 3.3 menunjukkan hasil dari proses pelatihan data. Seperti yang terlihat pada gambar bahwa jaringan syaraf tiruan yang dibangun memiliki arsitektur 4 *input layer*, 2 *hidden layer*, dan 1 *output layer*, dimana masing-masing *hidden layer* memiliki 2 neuron dan 1 neuron.

## 2. Nilai Target Error

Hasil nilai target error ditunjukkan pada Gambar 3 4.

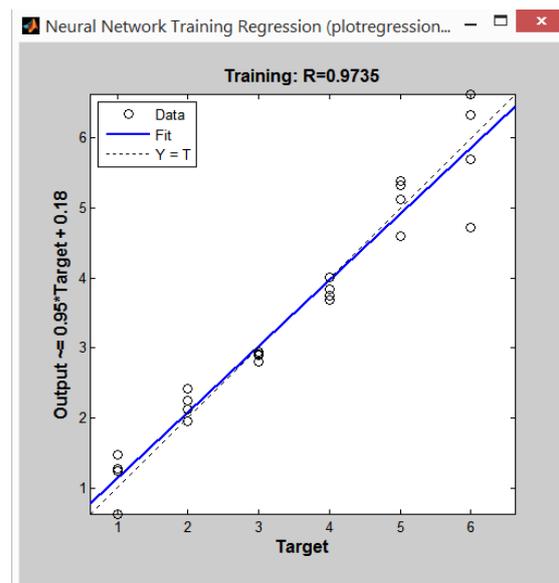


Gambar 3 4. Hasil Nilai Target Error (MSE)

Dari Gambar 3.4 didapatkan nilai target error (MSE) yaitu sebesar 0,15256. Hal ini menunjukkan bahwa nilai target error cenderung rendah.

## 3. Koefisien Korelasi

Hasil koefisien korelasi ditunjukkan pada Gambar 3 5.



Gambar 3 5. Hasil Nilai Koefisien Korelasi

Gambar 3 5. menunjukkan bahwa nilai koefisien korelasi dari proses pelatihan data adalah sebesar 0,9735. Nilai tersebut cenderung besar dan mendekati 1, sehingga dapat disimpulkan bahwa proses pelatihan data sukses.

## **6. Perancangan Sistem dan Pengujian Sistem**

Sistem pengujian konversi dirancang menggunakan perangkat GUI yang tersedia pada *software* Matlab yaitu GUIDE. Proses pembuatan *interface* sistem dilakukan dengan menyusun bidang (*axes*), tombol, dan beberapa komponen tambahan pada bidang kerja GUI Matlab.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Algoritma *Backpropagation Neural Network* telah berhasil diimplementasikan pada proses pengenalan pola aksara Jawa.
2. Sistem berhasil melakukan konversi citra aksara Jawa menjadi aksara Latin dengan proses klasifikasi.
3. Koefisien korelasi adalah nilai yang menunjukkan kuat tidaknya hubungan linier antara dua variabel.
4. Proses pelatihan data dalam penelitian ini memberikan koefisien korelasi sebesar 0,9852 dengan memerlukan waktu 53 detik untuk melakukan pelatihan.
5. Rata-rata tingkat akurasi sistem adalah 92,8% dengan tingkat akurasi tertinggi 98% pada kelompok data 1 dan 2, sedangkan tingkat akurasi terendah 82% pada kelompok data 4. Artinya sistem yang dibangun sudah cukup akurat dalam mengenali pola Aksara Jawa.

## B. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Mengembangkan sistem serupa menggunakan metode klasifikasi lain seperti *Naive-Bayes Classifier*, *K-Nearest Neighbor (KNN)*, *Support Vector Machine (SVM)* dan *Decision Tree*.
2. Mengembangkan sistem serupa menggunakan metode ekstraksi fitur lain seperti *Rotated Wavelet Filter*, *Gray Level Different Method* dan *Gray Level Run Length Matrix*.
3. Mengembangkan sistem serupa namun bersifat *end-user* dan *multi-platform*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Attaway, Stormy. 2013. *Matlab: A Practical Introduction to Programming and Problem Solving Third Edition*. Elsevier. Boston.
- Chauvin, Yves & David E. Rumelhart. 1995. *Backpropagation: Theory, Architectures, and Applications*. Lawrence Erlbaum Associates Inc. New Jersey.
- Dougherty, Geoff. 2003. *Pattern Recognition and Classification: An Introduction*. Spring Science + Business Media. New York.
- Gurney, Kevin. 1997. *An Introduction to Neural Networks*. CRC Press. London.
- Luthfi, Emha Taufiq & Kusriani. 2009. *Algoritma Data Mining*. Andi. Yogyakarta.
- Nazla Nurmila, Aris Sugiharto, Eko Adi Sarwoko. 2010. Jurnal. *Algoritma Back Propagation Neural Network Untuk Pengenalan Pola Karakter Huruf Jawa*.
- Putra, Darma. 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Andi. Yogyakarta.
- Raffles, Sir Thomas Stamford. 1817. *The History of Java*. Gilbert & Rivington. London.
- Rojas, Raul. 1996. *Neural Networks: A Systematic Introduction*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Berlin.
- Tim Balai Bahasa Yogyakarta. 2011. *Kamus Bahasa Jawa (Bausastra Jawa)*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.