



**PENERAPAN *LEARNING VECTOR QUANTIZATION* (LVQ)  
DAN EKSTRAKSI CIRI MENGGUNAKAN *MEL-FREQUENCY CEPSTRUM COEFFICIENTS* (MFCC) UNTUK  
TRANSKRIPSI SUARA KE TEKS**

**LAKSMI NIRMALA SARI**



**DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2014**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



#### Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul Penerapan *Learning Vector Quantization* (LVQ) dan Ekstraksi Ciri Menggunakan *Mel-Frequency Cepstrum Coeffecients* (MFCC) untuk Transkripsi Suara ke Teks adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, April 2014

Laksmi Nirmala Sari  
NIM G64114045

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University



## ABSTRAK

LAKSMI NIRMALA SARI. Penerapan *Learning Vector Quantization* (LVQ) dan Ekstraksi Ciri Menggunakan *Mel-Frequency Cepstrum Coefficients* (MFCC) untuk Transkripsi Suara ke Teks. Dibimbing oleh AGUS BUONO.

Pengenalan suara oleh komputer merupakan hal yang tidak mudah untuk dilakukan. Transkripsi suara ke teks adalah suatu teknik yang memungkinkan sebuah komputer untuk menerima masukan berupa kata yang diucapkan dan ditranskripsikan ke dalam sebuah teks. Tujuan penelitian ini adalah memodelkan jaringan syaraf tiruan yaitu *Learning Vector Quantization* (LVQ) untuk transkripsi suara ke teks dan mengetahui akurasi pengenalan kata dengan menggunakan ekstraksi ciri MFCC. Percobaan dilakukan dengan mengenali tiap suku kata yang ada pada data uji. Hasil penelitian menunjukkan bahwa akurasi tertinggi adalah 98.57% pada nilai *epoch* 90, *learning rate* 0.007, dan penurunan *learning rate* 0.977. Akurasi ini diperoleh dengan menggunakan *sampling rate* 11000 Hz, *time frame* 23.27 ms, *overlap* 0.39, dan koefisien *cepstral* 13 sebagai parameter MFCC.

Kata kunci: *Learning Vector Quantization* (LVQ), *Mel-Frequency Cepstrum Coefficients* (MFCC), suara, transkripsi.

## ABSTRACT

LAKSMI NIRMALA SARI. Application of *Learning Vector Quantization* (LVQ) and Feature Extraction Using *Mel-Frequency Cepstrum Coefficients* (MFCC) in Speech to Text Transcription. Supervised by AGUS BUONO.

Speech recognition by a computer is not an easy thing to do. Speech to text transcription is a technique that allows a computer to accept input in the form of spoken words and convert it into text. The purpose of this study is to model the neural network namely *Learning Vector Quantization* (LVQ) for speech to text transcription and determine the accuracy of speech recognition using MFCC feature extraction. The experiments are conducted by recognizing each syllable of the test data. The results show that the highest accuracy is 98.57% when the epoch value is 90, learning rate is 0.007, and learning rate decrement factor is 0.977. This accuracy is obtained by using the following MFCC parameters: sampling rate 11000 Hz, time frame 23.27 ms, overlap 0.39, and cepstral coefficients 13.

Keywords: *Learning Vector Quantization* (LVQ), *Mel-Frequency Cepstrum Coefficients* (MFCC), transcription, voice.



Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

# **PENERAPAN *LEARNING VECTOR QUANTIZATION* (LVQ) DAN EKSTRAKSI CIRI MENGGUNAKAN *MEL-FREQUENCY CEPSTRUM COEFFICIENTS* (MFCC) UNTUK TRANSKRIPSI SUARA KE TEKS**

**LAKSMI NIRMALA SARI**

Skripsi  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Komputer  
pada  
Departemen Ilmu Komputer

**DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2014**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



#### Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Pengantar:

1. Karlisa Priandana, ST, Meng
2. Toto Haryanto, SKom, MSi



Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Judul Skripsi: Penerapan *Learning Vector Quantization* (LVQ) dan Ekstraksi Ciri Menggunakan *Mel-Frequency Cepstrum Coeffecients* (MFCC) untuk Transkripsi Suara ke Teks

Nama : Laksmi Nirmala Sari

NIM : G64114045

Disetujui oleh

Dr Ir Agus Buono, MSi MKom  
Pembimbing

Diketahui oleh

Dr Ir Agus Buono, MSi MKom  
Ketua Departemen

Anggal Lulus:



## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Juli 2013 sampai Maret 2014 ini ialah pengantar pemrosesan bahasa alami, dengan judul Penerapan *Learning Vector Quantization* (LVQ) dan Ekstraksi Ciri Menggunakan *Mel-Frequency Cepstrum Coeffecients* (MFCC) untuk Transkripsi Suara ke Teks.

Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Dr Ir Agus Buono, MSi MKom selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan pengarahan, saran dan bimbingannya.
  2. Ibu Karlisa Priandana, ST, MEng dan Bapak Toto Haryanto, SKom, MSi selaku penguji.
  3. Ayah, ibu, adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, perhatian dan doanya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah ini.
  4. Teman-teman satu bimbingan dan teman-teman Alih Jenis Ilmu Komputer IPB angkatan 6 atas kerjasamanya.
- Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Bogor, April 2014

*Laksmi Nirmala Sari*





## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vi
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Perumusan Masalah	1
Tujuan Penelitian	1
Manfaat Penelitian	1
Ruang Lingkup Penelitian	2
METODE PENELITIAN	2
Lingkungan Pengembangan	3
Pengumpulan Data	3
Praproses	4
Ekstraksi Ciri	5
Pembagian Data	6
Pelatihan dan Pengujian	7
Evaluasi	9
HASIL DAN PEMBAHASAN	9
Pengumpulan Data	9
Praproses	9
Pelatihan dan Pengujian	10
Evaluasi	10
Implementasi Sistem	11
SIMPULAN DAN SARAN	12
Simpulan	12
Saran	13
DAFTAR PUSTAKA	13
LAMPIRAN	14
BIWAYAT HIDUP	18

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



#### Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

## DAFTAR TABEL

1	Data latih	3
2	Data uji	4
3	Jumlah data latih dan bobot	6
4	Jumlah data uji	7
5	Matriks <i>confusion</i> suku kata awal	11
6	Matriks <i>confusion</i> suku kata akhir	11

## DAFTAR GAMBAR

1	Tahapan penelitian	2
2	Ilustrasi segmentasi	4
3	Blok diagram proses MFCC	5
4	Struktur LVQ	7
5	Ilustrasi cara kerja LVQ, (a) bobot mendekati $X$ (data), (b) bobot menjauhi $X$ (data) Desylvia (2013)	8
6	Sinyal asli kata "ha-ma"	9
7	Sinyal kata "ha-ma" setelah normalisasi	9
8	Sinyal kata "ha-ma" setelah segmentasi, (a) suku kata ha-, (b) suku kata -ma	10
9	Tampilan antarmuka proses akurasi penelitian	12
10	Tampilan antarmuka proses pengenalan suku kata	12

## DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil percobaan LVQ	14
2	Hasil percobaan sistem transkripsi suara ke teks menggunakan <i>learning rate</i> 0.007 dan <i>epoch</i> 90	14
3	Matriks jarak <i>euclidean</i> pada LVQ	16



## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Seiring dengan berkembangnya teknologi, komunikasi tidak hanya terbatas antara manusia dengan manusia, tetapi juga sudah berkembang menjadi antara manusia dengan komputer yang berbasis suara. Namun, pengenalan suara oleh komputer merupakan hal yang tidak mudah untuk dilakukan. Alat bantu untuk komunikasi antara manusia dengan komputer yaitu *headphone*, *mouse* dan *keyboard*. Hasil dari komunikasi antara manusia dengan komputer dapat ditampilkan dalam bentuk tulisan.

Penggunaan sebuah komputer untuk mengenali sebuah suara atau identitas seseorang dari suara yang diucapkan disebut pengenalan suara. Teknologi pengenalan suara berkembang dengan begitu pesat. Transkripsi suara ke teks adalah suatu teknik yang memungkinkan sebuah komputer untuk menerima masukan berupa kata yang diucapkan dan ditranskripsikan ke dalam sebuah teks. Proses transkripsi suara ke teks digunakan untuk membandingkan suara masukan dengan *database* suara dan menghasilkan data suara yang paling cocok dengan *database* suara tersebut.

Penelitian tentang transkripsi suara ke teks menggunakan ekstraksi ciri *Mel-Frequency Cepstrum Coefficients* (MFCC) dan pengenalan pola dengan *Learning Vector Quantization* (LVQ) masih jarang ditemukan. Pemilihan kedua metode ini berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hidayati dan Warsito (2010) dan Bhaskoro dan Riedho (2012). Penelitian oleh Hidayati dan Warsito (2010) menghasilkan akurasi 66.79%, sedangkan penelitian Bhaskoro dan Riedho (2012) menghasilkan akurasi 75.76%. MFCC lebih baik dibandingkan dengan ekstraksi ciri lainnya Buono *et al.* (2009). Oleh karena itu, penelitian ini melakukan pemodelan suara untuk pengenalan kata pada transkripsi suara ke teks dengan teknik MFCC dan LVQ sebagai pengenalan pola.

### Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah cara memodelkan sistem transkripsi suara ke teks menggunakan jaringan syaraf *Learning Vector Quantization* (LVQ).

### Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah memodelkan *Learning Vector Quantization* (LVQ) untuk transkripsi suara ke teks dan mengetahui akurasi transkripsi suara ke teks dengan ekstraksi ciri *Mel-Frequency Cepstrum Coefficients* (MFCC) dan LVQ sebagai metodenya.

### Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan suatu sistem pengenalan kata yang dapat mentranskripsi suara ke teks serta dapat memberikan informasi mengenai akurasi pengembangan metode LVQ dalam sistem tersebut.

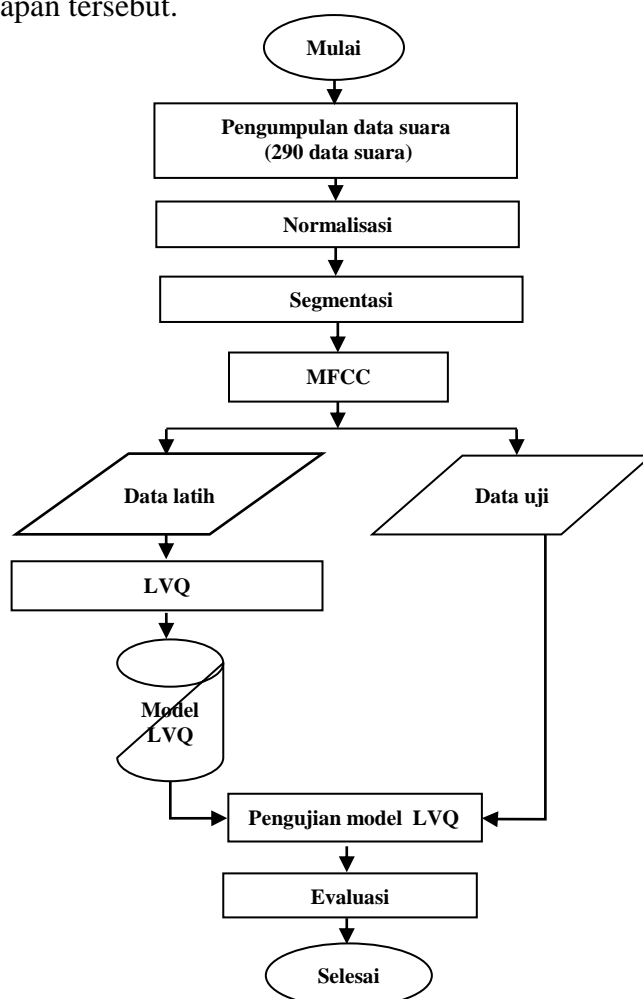
## Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini antara lain:

- 1 Kata-kata yang digunakan ialah kata bahasa Indonesia.
- 2 Jumlah pembicara dalam penelitian ini adalah satu (peneliti).
- 3 Kata acuan yang digunakan adalah MEMAHAMI.
- 4 Kata yang dapat dikenali adalah potongan tiap suku kata pada kata acuan MEMAHAMI.
- 5 Jumlah suku kata acuan ada empat, yaitu ME-, MA-, HA-, MI-.
- 6 Kata yang diujikan adalah hama, mama, maha, mimi, mami, mime, dan memi.
- 7 Jumlah suku kata yang digunakan pada perulangan suku kata pada kata acuan untuk penelitian ini adalah dua suku kata.
- 8 Sistem ini menggunakan *software* Matlab R2008b.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu pengumpulan data, normalisasi, segmentasi, ekstraksi ciri dan pengenalan pola. Gambar 1 menunjukkan tahapan tersebut.



Gambar 1 Tahapan penelitian

## Lingkungan Pengembangan

Penelitian ini diimplementasikan menggunakan spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak sebagai berikut:

### 1 Perangkat Keras

Spesifikasi perangkat keras yang digunakan adalah:

- Intel ® Core™ i5-3337U CPU 1.80 GHz.
- Memori 4 GB.
- Harddisk 500 GB.
- Keyboard dan mouse.
- Headphone.
- Monitor.

### Perangkat Lunak

- Sistem operasi *Windows 7 Professional 32 bit*.
- Matlab 7.7.0 (R2008b).

## Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data yang direkam dari satu orang pembicara yang mengucapkan 60 kata untuk masing-masing awalan me-, ma-, ha-, dan mi- sebagai data latih dan mengucapkan 10 kata untuk masing-masing kata hama, mama, maha, mimi, mami, mime, dan memi sebagai data uji. Setiap suara direkam pada rentang waktu 5 detik dengan *sampling rate* 11000 Hz dalam fail berekstensi WAV sehingga data yang dikumpulkan sebanyak 310 data suara. Hasil rekaman sebanyak 236 data suara dijadikan data latih, 4 data suara dijadikan data bobot, dan 70 data suara dijadikan data uji. Tabel 1 merupakan kata yang digunakan untuk data latih dan Tabel 2 merupakan kata yang digunakan untuk data uji.

Tabel 1 Data latih

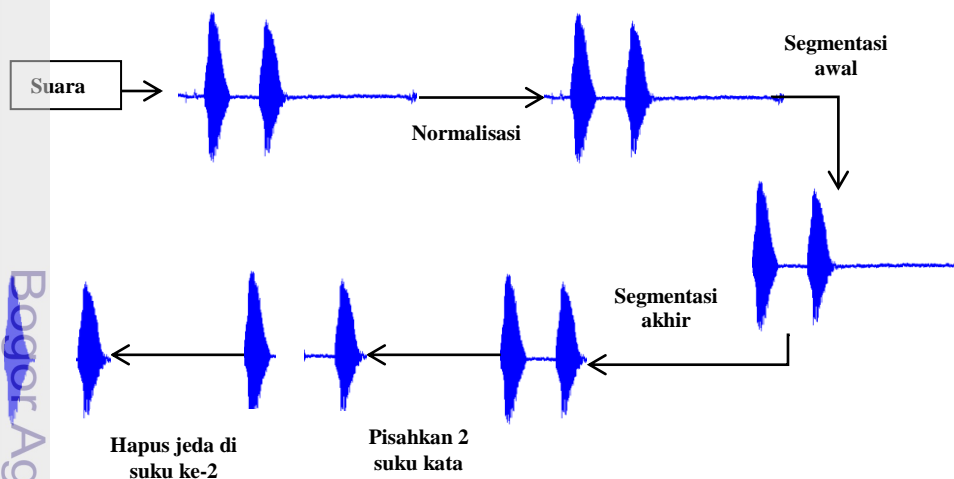
Awalan me-	Awalan ma-	Awalan ha-	Awalan mi-
Megah	Mabuk	Hama	Mika
Mekar	Mahar	Halo	Mikir
Mekah	Malas	Haji	Milan
Melar	Majas	Hadir	Mili
Melas	Makam	Hadis	Milik
Menang	Makan	Hakim	Mimik
Menit	Mama	Halus	Minat
Merak	Mari	Hati	Minor
Mesin	Malang	Hawa	Minum
Mesir	Main	Hafal	Minus
Melit	Marah	Hapus	Mirah
Mecut	Masuk	Harap	Miring
Meluk	Maling	Hadap	Mirip
Meram	Malam	Hari	Misal
Metik	Manis	Hasil	Mitos

Tabel 2 Data uji

Hama	Mama	Maha	Mimi	Mami	Mime	Memi
Hama1	Mama1	Maha1	Mimi1	Mami1	Mime1	Memi1
Hama2	Mama2	Maha2	Mimi2	Mami2	Mime2	Memi2
Hama3	Mama3	Maha3	Mimi3	Mami3	Mime3	Memi3
Hama4	Mama4	Maha4	Mimi4	Mami4	Mime4	Memi4
Hama5	Mama5	Maha5	Mimi5	Mami5	Mime5	Memi5
Hama6	Mama6	Maha6	Mimi6	Mami6	Mime6	Memi6
Hama7	Mama7	Maha7	Mimi7	Mami7	Mime7	Memi7
Hama8	Mama8	Maha8	Mimi8	Mami8	Mime8	Memi8
Hama9	Mama9	Maha9	Mimi9	Mami9	Mime9	Memi9
Hama10	Mama10	Maha10	Mimi10	Mami10	Mime10	Memi10

### Praproses

Pada tahap ini, ada dua praproses yaitu normalisasi dan segmentasi. Normalisasi dilakukan dengan mengabsolutkan nilai-nilai data suara dan mencari nilai maksimumnya. Kemudian, setiap nilai data suara tersebut dibagi dengan nilai maksimumnya. Hal ini dilakukan untuk menormalkan suara sehingga memiliki amplitudo maksimum satu dan minimum minus satu. Setelah proses normalisasi kemudian dilakukan segmentasi. Pada proses ini, setiap suku kata dari kata yang direkam akan dipisahkan secara otomatis menggunakan Matlab. Hasil pemotongan dari kata yang telah direkam hanya diambil suku kata pertama saja dan suku kata di belakang tidak digunakan untuk data latih, sedangkan untuk data uji suku kata pertama dan suku kata terakhir digunakan serta mengacu pada data latih. Contoh hasil dari segmentasi yang dilakukan dijelaskan pada Gambar 2.

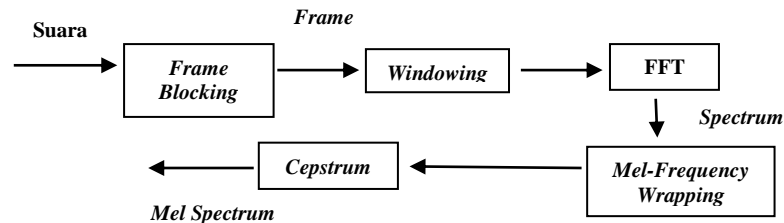


Gambar 2 Ilustrasi segmentasi



## Ekstraksi Ciri

Suara yang telah direkam dalam fail berekstensi WAV diekstraksi ciri menggunakan metode *Mel-Frequency Cepstrum Coefficients* (MFCC). MFCC merupakan cara yang paling sering digunakan untuk ekstraksi ciri pada berbagai bidang area pemrosesan suara, karena dianggap cukup baik dalam merepresentasikan ciri sebuah sinyal Fruandta dan Buono (2011). Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah *sampling rate* 11000 Hz, *time frame* 23.27 ms, *overlap* 0.39, dan koefisien *cepstral* 13. Blok diagram proses MFCC dapat dilihat pada Gambar 3 Do (1994).



Gambar 3 Blok diagram proses MFCC

### Frame blocking

Pada proses ini, sinyal suara disegmentasi menjadi beberapa *frame* yang saling tumpang tindih (*overlap*). Hal ini dilakukan agar tidak ada sedikitpun sinyal yang hilang (*deletion*). Panjang *frame* biasanya memiliki 256-1024 data. Proses ini akan berlanjut sampai seluruh sinyal sudah masuk ke dalam satu atau lebih *frame*.

### Windowing

Sinyal analog yang sudah diubah menjadi sinyal digital dibaca *frame* demi *frame* dan pada setiap *frame*-nya dilakukan *windowing* dengan fungsi *window* tertentu. Proses *windowing* bertujuan meminimalisasi ketidakberlanjutan sinyal pada awal dan akhir setiap *frame* Do (1994). Dengan pertimbangan kesederhanaan formula dan nilai kinerja *window*, maka penggunaan *window* Hamming cukup beralasan Buono (2009).

Jika didefinisikan *window* sebagai  $w(n)$ ,  $0 \leq n \leq N - 1$ , dengan  $N$  adalah jumlah sampel pada setiap *frame*-nya, maka hasil dari *windowing* ditunjukkan pada persamaan (1).

$$y_1(n) = x_1(n) w(n), 0 \leq n \leq N - 1 \quad (1)$$

Dengan  $w(n)$  menggunakan *window* Hamming yang memiliki bentuk seperti pada persamaan (2).

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right), 0 \leq n \leq N-1 \quad (2)$$

### Fast Fourier Transform (FFT)

FFT adalah algoritme cepat untuk mengimplementasi *discrete fourier transform* (DFT). FFT ini mengubah masing-masing *frame*  $N$  sampel dari

domain waktu menjadi domain frekuensi. Hasil dari tahapan ini biasanya disebut dengan *spectrum* atau *periodogram* yang didefinisikan dalam persamaan (3).

$$X_K = \sum_{n=0}^{N-1} X_n e^{-j2\pi kn/N}, k=0,1,2,\dots,N-1 \quad (3)$$

#### Mel-Frequency Wrapping

Persepsi sistem pendengaran manusia terhadap frekuensi sinyal suara tidak dapat diukur dalam skala linear. Untuk setiap nada dengan frekuensi aktual ( $f$ ) diukur dalam Hz, sebuah *subjective pitch* diukur dalam sebuah skala yang disebut ‘mel’. Skala *mel-frequency* ialah sebuah frekuensi rendah yang bersifat linear di bawah 1000 Hz dan sebuah frekuensi tinggi yang bersifat logaritmik di atas 1000 Hz. Hubungan skala mel dengan frekuensi dalam Hz ditunjukkan pada persamaan (4).

$$mel(f) = 2595 * \log_{10} (1 + f / 700) \quad (4)$$

#### Cepstrum

Langkah terakhir yaitu mengubah spektrum *log mel* menjadi domain waktu. Hasil ini disebut *Mel Frequency Cepstrum Coefficient* (MFCC). *Cepstral* dari *spectrum* suara merepresentasikan sifat-sifat spektral lokal sinyal untuk analisis *frame* yang diketahui. Koefisien *mel spectrum* merupakan sebuah nilai riil sehingga dapat dikonversi ke dalam domain waktu menggunakan *Discrete Cosine Transform* (DCT). Selanjutnya kita dapat menghitung MFCC sebagai  $\hat{C}_n$ , seperti pada persamaan (5) berikut:

$$\hat{C}_n = \sum_{k=1}^K (\log \hat{S}_k) \cos \left[ n \left( k - \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{K} \right] \quad (5)$$

dengan  $\hat{S}_0, k = 0, 2, \dots, K-1$  dan  $n = 0, 1, \dots, K-1$ .

### Pembagian Data

Pada tahap ini dilakukan pembagian data latih dan data uji. Pembagian masing-masing data tersebut adalah 236 untuk data latih, 70 untuk data uji, dan 4 untuk data bobot. Kemudian dilakukan pemodelan LVQ terhadap data latih sebagai vektor *input* dan data bobot sebagai bobot awal. Detail banyaknya data latih dan data uji untuk masing-masing suku kata dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3 Jumlah data latih dan bobot

Suku kata	Data latih	Bobot
Me-	59	1
Ma-	59	1
Ha-	59	1
Mi-	59	1

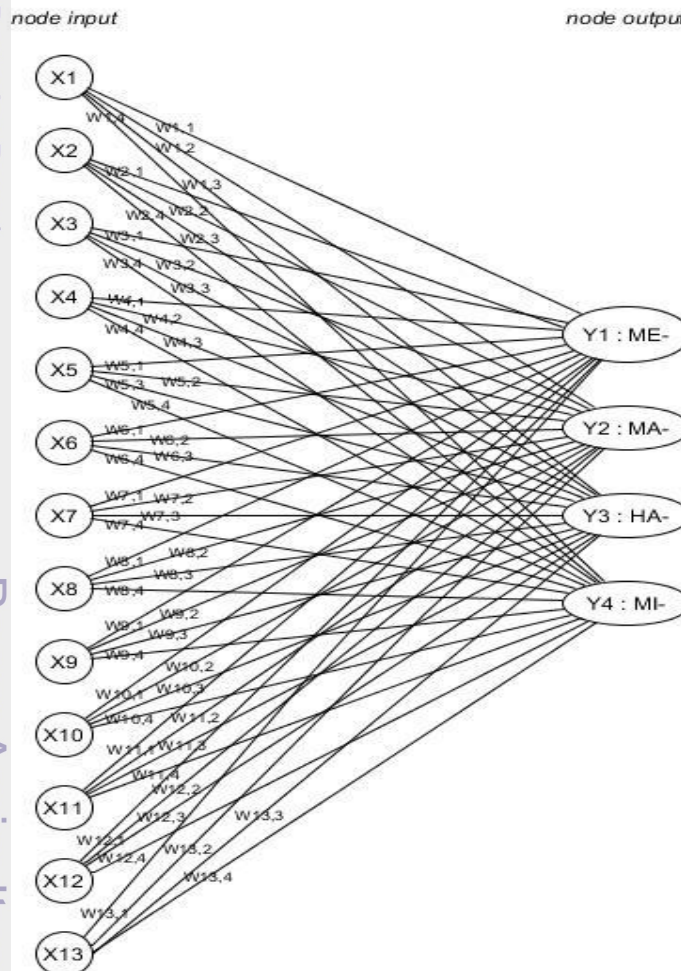


Tabel 4 Jumlah data uji

Kata	Data uji
Hama	10
Mama	10
Maha	10
Mimi	10
Mami	10
Mime	10
Memi	10

## Pelatihan dan Pengujian

Pada tahap ini, jaringan syaraf tiruan *Learning Vector Quantization* (LVQ) digunakan untuk pelatihan dan pengujian. *Learning Vector Quantization* (LVQ) adalah suatu metode klasifikasi pola yang masing-masing unit *output* mewakili kategori atau kelas tertentu, serta salah satu jenis jaringan syaraf tiruan (JST). Vektor bobot yang merepresentasikan setiap *class* sering kali disebut vektor *reference* atau *codebook*. Gambar 4 merupakan struktur LVQ dalam penelitian ini.



Keterangan:

X (1 sampai dengan 13) merupakan fitur yang didapat dari koefisien *cepstral*.

W merupakan bobot.

Gambar 4 Struktur LVQ

Algoritme dari LVQ adalah Fausett (1994):

- 1 Tentukan vektor referensi dan *learning rate*,  $\alpha(0)$ .
- 2 Selama kondisi berhenti belum terpenuhi, lakukan langkah 3-6.
- 3 Untuk setiap vektor masukan  $X$ , lakukan langkah 4-5.
- 4 Temukan  $J$  sehingga  $\|X - W_j\|$  bernilai minimum.
- 5 *Update* nilai  $W_j$  sesuai ketentuan pada persamaan (6) dan (7).

Jika  $T = C_j$ ,

$$W_j(\text{baru}) = W_j(\text{lama}) + \alpha[X - W_j(\text{lama})]. \quad (6)$$

Jika  $T \neq C_j$ ,

$$W_j(\text{baru}) = W_j(\text{lama}) - \alpha[X - W_j(\text{lama})]. \quad (7)$$

- 6 Kurangi *learning rate* dengan besaran *Deca*, seperti pada persamaan (8).

$$\alpha = \alpha * \text{Deca} \quad (8)$$

- 7 Cek kondisi berhenti: jumlah iterasi mencapai nilai yang ditentukan.

dengan:

$X$  : vektor pelatihan atau vektor masukan ( $X_1, \dots, X_i, \dots, X_n$ )

$T$  : kategori atau kelas yang benar untuk vektor masukan

$W_j$  : vektor bobot untuk unit keluaran  $j$  ( $W_{1j}, \dots, W_{ij}, \dots, W_{nj}$ )

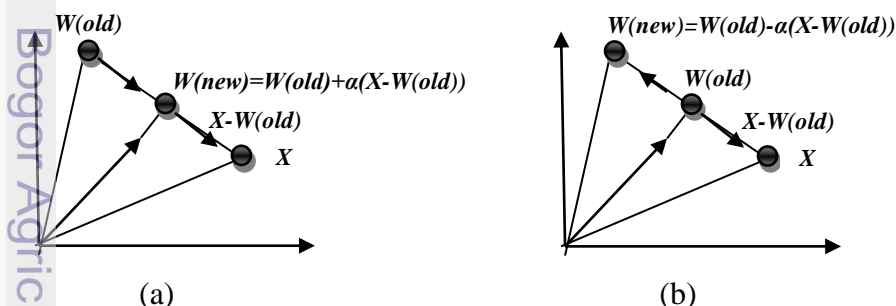
$C_j$  : kategori atau kelas direpresentasikan oleh unit keluaran ke  $j$

$\|X - W_j\|$  : jarak *Euclidean* antara vektor masukandan unit keluaran ke  $j$

Penelitian ini menggunakan parameter yaitu *epoch*, *learning rate*, penurunan *learning rate*, dan vektor masukan data diambil dari data latih. Bobot awal diambil dari data latih. *Learning rate* yang digunakan pada penelitian ini adalah 0.009, 0.007, 0.005, 0.003, 0.001, 0.09, 0.07, 0.05, 0.03, dan 0.01, penurunan *learning rate* sebesar 0.977, serta *epoch* sebesar 10, 30, 50, 70, dan 90.

Penentuan vektor referensi (vektor bobot) yaitu dengan cara mengambil sebanyak satu baris pertama atau terakhir pada vektor data latih dan menggunakannya untuk vektor bobot. Sisa vektor data latih digunakan untuk proses pelatihan.

Cara kerja LVQ secara sederhana, yaitu memperbarui bobot agar lebih mendekati  $X$  (data), jika target sama dengan kelas. Jika target tidak sama dengan kelas, bobot yang baru dijauhi dari  $X$  (data) Desylvia (2013). Hal ini diilustrasikan pada Gambar 5.



Gambar 5 Ilustrasi cara kerja LVQ, (a) bobot mendekati  $X$  (data), (b) bobot menjauhi  $X$  (data) Desylvia (2013)

## Evaluasi

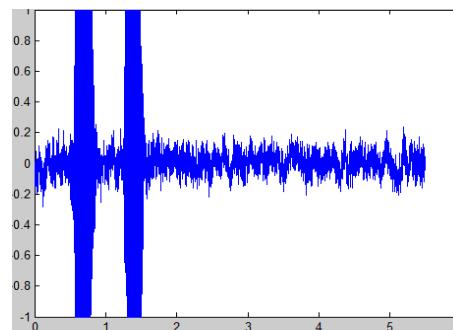
Evaluasi merupakan tahap terakhir pada metode untuk menentukan ketepatan proses klasifikasi. Perhitungan dilakukan dengan membandingkan banyaknya hasil suku kata yang benar dengan suku kata yang diuji. Hasil dari tahap ini yaitu akurasi yang didapat pada persamaan (9).

$$\text{akurasi} = \frac{\sum \text{suku kata yang benar}}{\sum \text{suku kata yang diuji}} \times 100\% \quad (9)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengumpulan Data

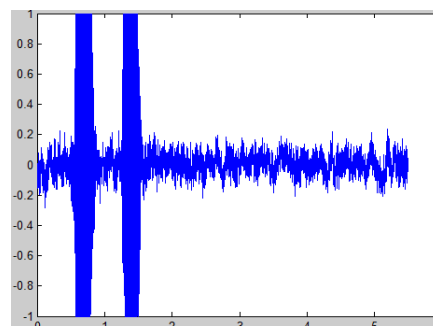
Data yang dikumpulkan sebanyak 310 data suara. Suara direkam pada rentang waktu 5 detik dengan *sampling rate* 11000 Hz dalam fail berekstensi WAV. Gambar 6 merupakan salah satu data suara yaitu sinyal asli kata “hama”.



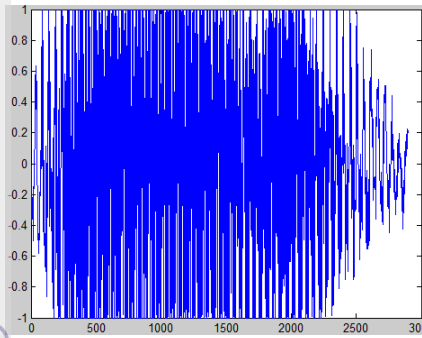
Gambar 6 Sinyal asli kata “ha-ma”

### Praproses

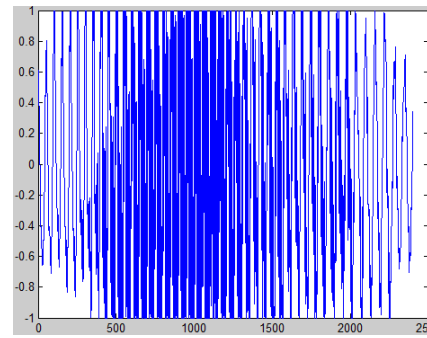
Gambar 7 merupakan sinyal kata “ha-ma” setelah dinormalisasi. Gambar 8 merupakan sinyal kata “ha-ma” setelah dinormalisasi kemudian disegmentasi.



Gambar 7 Sinyal kata “ha-ma” setelah normalisasi



(a)



(b)

Gambar 8 Sinyal kata "ha-ma" setelah segmentasi, (a) suku kata ha-, (b) suku kata -ma

## Pelatihan dan Pengujian

Pelatihan dilakukan pada data latih yang telah dinormalisasi dan disegmentasi lalu diekstraksi ciri dengan MFCC kemudian diklasifikasikan dengan LVQ menggunakan bobot dari data bobot awal, sedangkan pengujian dilakukan pada data uji yang telah dinormalisasi dan disegmentasi lalu diekstraksi ciri dengan MFCC kemudian diklasifikasikan dengan LVQ menggunakan bobot dari data latih. Pada pengenalan kata untuk transkripsi suara ke teks, suara yang masuk akan dilihat masuk ke diklasifikasikan yang sesuai. *Output* yang akan dihasilkan berupa nilai akurasi yang didapat dan tulisan kata yang telah diucapkan.

Lampiran 1 merupakan hasil percobaan yang menggunakan *learning rate* 0.009, 0.007, 0.005, 0.003, 0.001, 0.09, 0.07, 0.05, 0.03 dan 0.01, penurunan *learning rate* sebesar 0.977, *epoch* sebesar 10, 30, 50, 70 dan 90. Hasil percobaan tersebut menunjukkan bahwa rata-rata akurasi tertinggi adalah 97.71% pada *learning rate* 0.007 dan 95.86% pada *epoch* 90. Hasil pengujian sistem menggunakan parameter ini dapat dilihat pada Lampiran 2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terdapat kata "mami" yang diklasifikasikan tidak tepat menjadi kata "memi". Hal ini terjadi karena adanya kemiripan antara suku kata "ma-" dan "me-". Suku kata 'me', 'ha', dan 'mi' dapat dikenali sistem dengan akurasi 100%. Lampiran 3 merupakan matriks jarak untuk menganalisis kesalahan klasifikasi kata pada *learning rate* 0.007 dan *epoch* 90. Baris ke-32 menunjukkan bahwa data mami2 memiliki jarak *euclidean* yang lebih dekat ke "me-". Selisih dengan kelas sebenarnya yaitu "ma-" hanya 0.3268. Hal ini mungkin terjadi karena adanya *noise*.

## Evaluasi

Lampiran 1 menunjukkan bahwa hasil akurasi tertinggi adalah 98.57% dengan nilai *epoch* 90 dan *learning rate* 0.007. Akurasi terendah adalah 38.57% dengan nilai *epoch* 10 dan *learning rate* 0.001. Hasil rata-rata akurasi tertinggi pada *epoch* 90 adalah 95.86% dan hasil rata-rata akurasi tertinggi pada *learning*

rate 0.007 adalah 97.71%. Tabel 5 dan Tabel 6 merupakan matriks *confusion* untuk mengetahui perbandingan kelas yang seharusnya dan yang dihasilkan.

Tabel 5 Matriks *confusion* suku kata awal

Prediksi \ Aktual	me	ma	ha	mi	Rata-rata
me	10	0	0	0	100%
ma	1	29	0	0	96.6%
ha	0	0	10	0	100%
mi	0	0	0	20	100%

Tabel 6 Matriks *confusion* suku kata akhir

Prediksi \ Aktual	me	ma	ha	mi	Rata-rata
me	10	0	0	0	100%
ma	0	20	0	0	100%
ha	0	0	10	0	100%
mi	0	0	0	30	100%

Pada Tabel 5, terdapat kesalahan sistem dalam mengenali suku kata “ma”. Untuk suku kata “ma”, sistem kadang mengenali suku kata awalnya menjadi “me”, sehingga hasil teks yang dihasilkan untuk kata ‘mami’ menjadi “memi”.

## Implementasi Sistem

Sistem ini dibuat untuk transkripsi suara ke teks. Sistem dibuat dengan menggunakan Matlab R2008b. Untuk mempermudah sistem pengujian, dibuat antarmuka sistem yang memiliki fungsi untuk mengenali suku kata pada setiap kata yang telah direkam. Gambar 9 merupakan tampilan antarmuka dari sistem untuk menghitung akurasi data uji. Gambar 10 merupakan tampilan antarmuka ini untuk fungsi pengenalan kata. Perhitungan akurasi menggunakan parameter sebagai berikut:

*Epoch* 10, 30, 50, 70 dan 90.

*Learning rate* 0.009, 0.007, 0.005, 0.003, 0.001, 0.09, 0.07, 0.05, 0.03, dan 0.01.

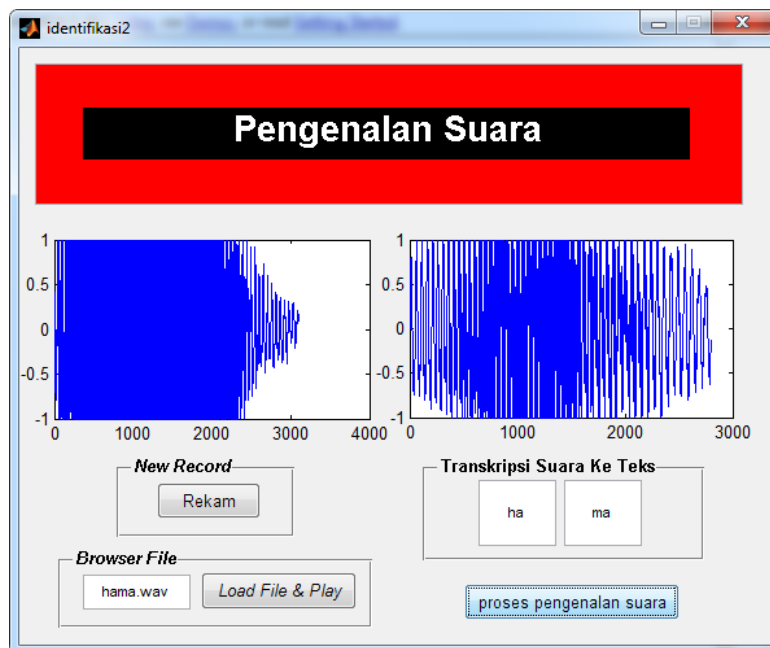
Penurunan *learning rate* 0.977.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 9 Tampilan antarmuka proses akurasi penelitian



Gambar 10 Tampilan antarmuka proses pengenalan suku kata

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Penelitian ini telah berhasil mentranskripsikan suara ke teks menggunakan *Learning Vector Quantization* (LVQ). Hasil pengujian menunjukkan bahwa

akurasi tertinggi adalah 98.57% dengan nilai *epoch* 90 dan *learning rate* 0.007. Akurasi terendah adalah 38.57% dengan nilai *epoch* 10 dan *learning rate* 0.001.

Berdasarkan hasil percobaan ini, model LVQ dapat mengenali suku kata dan membedakan suku kata yang mirip. Hal ini karena LVQ mendekatkan vektor bobot dengan jarak minimum pada data jika target sama dengan kelas dan menjauhkannya jika sebaliknya.

### Saran

Saran untuk pengembangan selanjutnya yaitu:

Menggunakan jumlah kata yang lebih banyak agar memperoleh suku kata yang lebih variatif.

Mengambil data dari jumlah pembicara yang lebih banyak.

Mencoba model pada data dengan suku kata lebih dari 2.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bhaskoro ST, Riedho AWD. 2012. Aplikasi pengenalan gender menggunakan suara. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2012*; 2012 Jun 15-16; Yogyakarta, Indonesia. hlm 16-23.
- Buono A. 2009. Representasi nilai HOS dan model MFCC sebagai ekstraksi ciri pada sistem identifikasi pembicara di lingkungan ber-*noise* menggunakan HMM [disertasi]. Depok (ID): Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Indonesia.
- Buono A, Jatmiko W, Kusumoputro B. 2009. Perluasan metode MFCC 1D ke 2D sebagai ekstraksi ciri pada sistem identifikasi pembicara menggunakan *Hidden Markov Model* (HMM). *MAKARA-SAINS*. 13(1):87-93.
- Desylvia SN. 2013. Perbandingan SOM dan LVQ pada identifikasi citra wajah dengan wavelet sebagai ekstraksi ciri [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Do MN. 1994. *Digital Signal Processing Mini-Project: An Automatic Speaker Recognition System*. Switzerland: Audio Visual Communications Laboratory, Swiss Federal Institute of Technology.
- Fausett L. 1994. *Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms, and Applications*. New Jersey (US): Prentice Hall.
- Fruandta A, Buono A. 2011. Identifikasi campuran nada suara piano menggunakan *codebook*. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2011*; 2011 Jun 17-18; Yogyakarta, Indonesia. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor. hlm 8-13.
- Hidayati N, Warsito B. 2010. Prediksi terjangkitnya penyakit jantung dengan metode *Learning Vector Quantization*. *Media Statistika*. 3(1):21-30.

## LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil percobaan LVQ

Epoch	Learning rate										Rataan
	0.009	0.007	0.005	0.003	0.001	0.09	0.07	0.05	0.03	0.01	
10	94.29	94.29	87.14	70.00	38.57	58.57	71.43	80.00	87.14	94.29	77.57
30	97.14	98.57	98.57	95.71	52.86	77.14	80.00	85.71	90.00	97.14	87.28
50	98.57	98.57	98.57	98.57	75.71	85.71	87.14	90.00	94.29	98.57	92.57
70	98.57	98.57	98.57	98.57	84.29	88.57	91.43	92.86	95.71	98.57	94.57
90	98.57	98.57	98.57	98.57	85.71	92.86	94.29	95.71	97.14	98.57	95.86
Rataan	97.43	97.71	96.28	92.28	67.43	80.57	84.86	88.86	92.86	97.43	

Lampiran 2 Hasil percobaan sistem transkripsi suara ke teks menggunakan *learning rate* 0.007 dan *epoch* 90

Nama fail	Hasil penggalan kata	Hasil pengujian
hama1.wav	ha-ma	hama
hama2.wav	ha-ma	hama
hama3.wav	ha-ma	hama
hama4.wav	ha-ma	hama
hama5.wav	ha-ma	hama
hama6.wav	ha-ma	hama
hama7.wav	ha-ma	hama
hama8.wav	ha-ma	hama
hama9.wav	ha-ma	hama
hama10.wav	ha-ma	hama
maha1.wav	ma-ha	maha
maha2.wav	ma-ha	maha
maha3.wav	ma-ha	maha
maha4.wav	ma-ha	maha
maha5.wav	ma-ha	maha
maha6.wav	ma-ha	maha
maha7.wav	ma-ha	maha
maha8.wav	ma-ha	maha
maha9.wav	ma-ha	maha
maha10.wav	ma-ha	maha
mama1.wav	ma-ma	mama
mama2.wav	ma-ma	mama
mama3.wav	ma-ma	mama
mama4.wav	ma-ma	mama
mama5.wav	ma-ma	mama
mama6.wav	ma-ma	mama
mama7.wav	ma-ma	mama
mama8.wav	ma-ma	mama
mama9.wav	ma-ma	mama

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
  2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## Lanjutan

mama10.wav	ma-ma	mama
mami1.wav	ma-mi	mami
mami2.wav	ma-mi	memi
mami3.wav	ma-mi	mami
mami4.wav	ma-mi	mami
mami5.wav	ma-mi	mami
mami6.wav	ma-mi	mami
mami7.wav	ma-mi	mami
mami8.wav	ma-mi	mami
mami9.wav	ma-mi	mami
mami10.wav	ma-mi	mami
mimi1.wav	mi-mi	mimi
mimi2.wav	mi-mi	mimi
mimi3.wav	mi-mi	mimi
mimi4.wav	mi-mi	mimi
mimi5.wav	mi-mi	mimi
mimi6.wav	mi-mi	mimi
mimi7.wav	mi-mi	mimi
mimi8.wav	mi-mi	mimi
mimi9.wav	mi-mi	mimi
mimi10.wav	mi-mi	mimi
mime1.wav	mi-me	mime
mime2.wav	mi-me	mime
mime3.wav	mi-me	mime
mime4.wav	mi-me	mime
mime5.wav	mi-me	mime
mime6.wav	mi-me	mime
mime7.wav	mi-me	mime
mime8.wav	mi-me	mime
mime9.wav	mi-me	mime
mime10.wav	mi-me	mime
memi1.wav	me-mi	memi
memi2.wav	me-mi	memi
memi3.wav	me-mi	memi
memi4.wav	me-mi	memi
memi5.wav	me-mi	memi
memi6.wav	me-mi	memi
memi7.wav	me-mi	memi
memi8.wav	me-mi	memi
memi9.wav	me-mi	memi
memi10.wav	me-mi	memi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 3 Matriks jarak *euclidean* pada LVQ

Data	Jarak <i>euclidean</i> suku pertama				Jarak <i>euclidean</i> suku kedua			
	Me-	Ma-	Ha-	Mi-	Me-	Ma-	Ha-	Mi-
hama1	7.6577	5.5483	4.4596	13.9823	3.829	2.812	3.4705	8.5552
hama2	7.2946	5.707	4.8687	13.0619	3.489	2.113	3.11	7.8437
hama3	6.812	5.4984	4.78	12.6311	4.519	2.943	3.4058	9.4532
hama4	4.9113	3.1453	2.697	10.2843	2.585	1.545	2.4088	6.8004
hama5	7.4195	5.7314	4.797	13.5059	3.355	2.384	3.3133	7.4042
hama6	6.4109	4.794	4.3836	12.142	4.459	3.265	4.1806	8.5316
hama7	8.2665	6.4775	5.2629	15.0413	4.091	2.885	3.7885	8.6929
hama8	7.5134	5.5445	4.8998	14.0674	4.213	2.638	3.343	9.6126
hama9	6.5481	4.3302	3.6239	12.9544	3.773	2.373	2.6375	9.0067
hama10	5.8032	3.8839	3.3735	11.7421	3.615	2.573	2.8434	8.729
maha1	1.7875	1.6715	3.0066	5.1486	5.671	3.352	2.1355	12.747
maha2	2.2443	1.6715	2.8059	6.2342	6.405	4.253	2.9731	13.441
maha3	3.6332	3.0464	4.0727	8.0407	5.937	4.344	3.2663	12.555
maha4	3.4895	2.8979	4.2543	7.7932	4.949	2.699	1.8009	11.521
maha5	2.7082	1.7669	2.9538	6.8467	3.639	2.009	1.4204	9.4434
maha6	2.7851	1.8726	2.595	6.6814	4.737	2.996	2.03	11.037
maha7	1.4762	0.6292	1.7342	5.0695	4.675	2.551	1.5095	11.321
maha8	2.5389	1.7078	2.4797	6.5234	6.371	4.046	2.7618	13.315
maha9	3.4347	2.2121	2.7891	7.8206	5.575	3.643	2.6366	12.015
maha10	3.4243	2.6128	3.5671	7.9295	5.587	3.068	1.7919	12.186
mama1	2.4441	2.3793	3.7526	5.5859	2.803	1.356	1.803	7.7909
mama2	1.6893	1.2725	2.8614	5.0185	1.8	1.34	2.5791	5.1355
mama3	2.405	1.903	3.5837	5.7658	2.441	1.239	1.7235	6.745
mama4	2.7585	2.187	3.6375	6.4927	1.896	0.926	1.4248	5.5054
mama5	2.3778	1.8272	3.0316	6.0324	2.722	1.819	2.4285	6.7841
mama6	2.8452	1.973	2.9613	6.9793	3.442	2.085	2.5225	8.3293
mama7	2.9093	2.1527	3.0479	6.8058	2.901	1.511	2.147	7.2649
mama8	3.2437	2.5092	3.7155	6.8553	2.307	1.407	2.3492	5.5526
mama9	2.3535	1.7558	2.9309	5.8783	1.572	0.851	1.9324	4.7409
mama10	2.3796	1.7953	2.9329	5.6117	3.036	1.883	2.3893	7.6144
mami1	2.7593	2.566	4.1871	6.4138	2.483	5.527	8.1047	0.7057
mami2	2.2958	2.6226	4.3229	5.1548	2.098	5.16	7.9616	0.639
mami3	1.8769	1.764	3.0854	5.6243	3.193	6.14	8.9628	1.0042
mami4	3.0991	2.6955	4.0648	7.4214	2.733	5.794	8.2592	1.1662
mami5	1.8861	1.5263	2.8971	5.7821	2.41	4.499	6.9534	1.1227
mami6	2.5404	2.3213	3.8026	6.1989	2.51	5.479	8.3002	0.6639
mami7	1.9882	1.503	2.7052	5.7847	3.003	6.303	9.0451	0.8246
mami8	2.8412	2.3226	3.415	7.1156	3.033	6.265	9.0835	1.002

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

## Lanjutan

mami9	3.1348	3.0794	4.0021	6.8307	2.591	4.576	6.1527	1.8395
mami10	3.0986	2.9873	4.2502	6.6602	5.204	6.691	7.7671	4.3611
mimi1	2.0777	5.2417	7.6947	1.1487	1.671	4.289	6.2447	1.1257
mimi2	2.3222	5.2785	7.5162	1.6215	1.652	4.294	6.4902	0.7594
mimi3	2.7575	5.8684	8.115	1.458	1.635	4.338	6.487	0.6514
mimi4	2.4748	5.6535	7.9097	1.3649	1.624	4.513	6.4652	0.9296
mimi5	2.3806	5.6524	7.7652	1.6979	1.815	4.403	6.4211	0.7685
mimi6	3.1046	6.2194	8.8539	1.3468	1.488	3.9	6.0127	0.805
mimi7	3.0013	6.3159	8.7476	1.4325	1.973	5.069	7.561	0.6275
mimi8	2.5671	5.5165	8.0807	1.0464	1.835	4.454	6.5871	0.7174
mimi9	2.889	5.7553	8.4035	0.9664	1.812	4.221	6.342	0.8075
mimi10	2.6522	5.8624	8.2536	1.5634	2.046	4.577	6.837	0.7513
mime1	13.2823	16.3638	19.2714	7.2926	3.518	7.254	9.4077	4.3153
mime2	16.1791	19.0808	21.7164	9.7221	4.053	7.757	9.7021	5.2398
mime3	16.5057	19.1449	21.268	10.7222	2.833	5.951	7.5556	4.6947
mime4	20.1541	23.5832	26.2412	13.4377	6.339	10.25	11.772	6.8349
mime5	17.7474	20.7151	23.5681	11.2446	2.603	5.839	7.5825	3.579
mime6	17.7474	20.7151	23.5681	11.2446	2.603	5.839	7.5825	3.579
mime7	24.5825	26.1378	27.0866	18.7612	5.877	9.641	11.135	6.6083
mime8	16.1044	19.5018	22.4479	9.658	4.18	8.065	9.5792	5.0558
mime9	17.0842	19.4262	21.1185	11.7597	4.106	7.559	8.7421	6.1915
mime10	18.1027	20.7171	22.7182	12.2469	4.543	8.173	8.9647	6.2099
memi1	2.6632	3.0096	3.7342	6.7428	2.884	5.055	7.3459	1.3703
memi2	1.5603	2.5251	3.2019	4.9603	3.017	5.331	7.4603	1.6809
memi3	3.2266	3.5552	4.3342	7.1742	2.97	5.598	7.9103	1.8619
memi4	2.8781	4.131	5.1896	6.4755	2.519	4.911	7.2013	1.3879
memi5	2.0879	3.4512	4.3739	5.4092	2.538	4.868	6.9239	2.1692
memi6	2.2557	3.4727	4.371	5.622	2.307	5.036	7.4704	1.3219
memi7	2.573	2.9484	3.3156	6.7417	2.133	4.552	6.4957	2.0664
memi8	2.2557	3.4727	4.371	5.622	2.307	5.036	7.4704	1.3219
memi9	2.9703	3.9074	4.3237	6.8401	3.247	5.905	8.4041	1.2837
memi10	3.0521	4.2022	4.9425	6.3681	2.55	5.337	7.7912	1.5139

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 19 Maret 1990. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara dari pasangan Ibnu Budi Tjahjono dan Rofiko. Tahun 2005 penulis lulus dari SMP PGRI 6 Bogor dan pada tahun yang sama penulis masuk SMA Plus Yayasan Persaudaraan Haji Bogor (YPHB) serta lulus pada tahun 2008.

Pada tahun 2008, penulis masuk Institut Pertanian Bogor (IPB) Program Diploma pada Program Keahlian Teknik Komputer. Penulis lulus pada tahun 2011 dan pada tahun yang sama penulis melanjutkan studi ke Program S1 Ilmu Komputer Alih Jenis, Departemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.