

**IMPLEMENTASI LONG SHORT-TERM MEMORY
UNTUK SISTEM SPEAKER RECOGNITION
MENGGUNAKAN SPEKTROGRAM**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Komputer (S.Kom.)**



Adrian Hartanto Tedja

14110110033

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG
2018**

HALAMAN PENGESAHAN

IMPLEMENTASI LONG SHORT-TERM MEMORY UNTUK SISTEM SPEAKER RECOGNITION MENGGUNAKAN SPEKTROGRAM

Oleh

Nama : Adrian Hartanto Tedja

NIM : 14110110033

Program Studi : Informatika

Fakultas : Teknik dan Informatika

Tangerang, 6 Agustus 2018

Ketua Sidang

Dosen Pengaji

Maria Irmina Prasetyowati, S.Kom., M.T.

Dennis Gunawan, S.Kom., M.Sc.

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Adhi Kusnadi, S.T., M.Si.

Alethea Suryadibrata, S.Kom., M.Eng.

Ketua Program Studi
Informatika

Seng Hansun, S.Si., M.Cs.

PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT

Dengan ini saya:

Nama : Adrian Hartanto Tedja

NIM : 14110110033

Program Studi : Informatika

Fakultas : Teknik dan Informatika

menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Implementasi Long Short-Term Memory untuk Sistem Speaker Recognition Menggunakan Spektrogram**" ini adalah karya ilmiah saya sendiri, bukan plagiat dari karya ilmiah yang ditulis oleh orang lain atau lembaga lain, dan semua karya ilmiah orang lain atau lembaga lain yang dirujuk dalam skripsi ini telah disebutkan sumber kutipannya serta dicantumkan di Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan/penyimpangan, baik dalam pelaksanaan skripsi maupun dalam penulisan laporan skripsi, saya bersedia menerima konsekuensi dinyatakan TIDAK LULUS untuk mata kuliah Skripsi yang telah saya tempuh.

Tangerang, 6 Agustus 2018



Adrian Hartanto Tedja

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Multimedia Nusantara, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adrian Hartanto Tedja

NIM : 14110110033

Program Studi : Informatika

Fakultas : Teknik dan Informatika

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui dan memberikan izin kepada **Universitas Multimedia Nusantara** hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: **Implementasi Long Short-Term Memory untuk Sistem Speaker Recognition Menggunakan Spektrogram** beserta perangkat yang diperlukan.

Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini, pihak Universitas Multimedia Nusantara berhak menyimpan, mengalihmedia atau *format-kan*, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mendistribusi dan menampilkan atau mempublikasikan, karya ilmiah saya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis, tanpa perlu meminta izin dari saya maupun memberikan royalti kepada saya, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis karya ilmiah tersebut.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Tangerang, 6 Agustus 2018



Adrian Hartanto Tedja

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas bimbingan dan rahmat-Nya selama proses penyelesaian skripsi yang memiliki judul “Implementasi Long Short-Term Memory untuk Sistem Speaker Recognition menggunakan Spektrogram” hingga dapat diselesaikan tepat pada waktunya.

Melalui kesempatan ini, terima kasih turut disampaikan kepada pihak-pihak yang telah mendukung pembuatan laporan:

1. Dr. Ninok Leksono, Rektor Universitas Multimedia Nusantara, yang memberi inspirasi bagi penulis untuk berprestasi,
2. Hira Meidia, Ph.D., Dekan Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Multimedia Nusantara,
3. Seng Hansun, S.Si., M.Sc., Ketua Program Studi Informatika, yang menerima penulis dengan baik untuk berkonsultasi,
4. Adhi Kusnadi S.T., M.Si. dan Alethea Suryadibrata, S.Kom., M.Eng., yang membimbing pembuatan laporan Skripsi dan yang telah mengajar penulis tata cara menulis karya ilmiah dengan benar,
5. Keluarga yang selalu memberikan dorongan dan dukungan baik secara materiil maupun moral,
6. Edwin, Thomas, Tommy, Sintya, Viktor, Evan, Naldi, yang mendukung dan membantu penulis dalam penyelesaian laporan Skripsi, dan
7. Seluruh teman, rekan, kerabat, dan kolega yang tidak disebutkan.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat, baik sebagai sumber informasi maupun sumber inspirasi, bagi para pembaca.

Tangerang, 6 Agustus 2018



Adrian Hartanto Tedja

IMPLEMENTASI LONG SHORT-TERM MEMORY UNTUK SISTEM SPEAKER RECOGNITION MENGGUNAKAN SPEKTROGRAM

ABSTRAK

Untuk meningkatkan keamanan perangkat, perlu dilakukan pembatasan hak akses oleh individu yang tidak berwenang. Dalam upaya otentifikasi untuk menentukan kontrol akses, salah satu teknik pengenalan yang mudah digunakan adalah biometrik suara. Agar perangkat dapat mengenali biometrik suara dengan tepat, diperlukan kemampuan pembelajaran mesin yang dapat mengenali suara masukan dengan akurasi tinggi. *Long Short-Term Memory* merupakan model jaringan saraf tiruan yang dapat digunakan untuk pengenalan pola dan memiliki kelebihan dalam mengenali pengaruh waktu terhadap pola. Model tersebut diimplementasikan ke dalam sistem pengenalan suara menggunakan bahasa pemrograman Python dengan parameter yang diuji yaitu jumlah unit tersembunyi dan laju pembelajaran. Model dilatih dan diuji menggunakan suara yang telah disediakan oleh basis data TIMIT, dengan menggunakan *dataset* inti yang terdiri atas 24 pembicara, masing-masing 10 *file* suara. Sebanyak 6 suara digunakan untuk pelatihan, 2 untuk validasi, dan 2 untuk pengujian. Setelah pelatihan selesai, proses pengujian dilakukan terhadap model. Dengan laju pembelajaran 0.04 dan jumlah unit tersembunyi 120, model memperoleh tingkat akurasi terbaik sebesar 77.08%, yaitu 37 suara benar dari 48 suara pengujian.

Kata Kunci: *Long Short-term Memory*, *Recurrent Neural Network*, *Speaker Recognition*, Spektrogram, TIMIT



IMPLEMENTATION OF LONG SHORT-TERM MEMORY FOR SPEAKER RECOGNITION SYSTEM USING SPECTROGRAM

ABSTRACT

To increase device security, access control needs to be enforced against unauthorized individuals. In order to authenticate, one of the easiest yet safest recognition technique is using voice biometric. In order for devices to accurately recognize voice biometrics, a machine learning process is necessary which could differentiate voice input with a high accuracy. Long Short-Term Memory is a neural network model which is used for pattern recognition and has an edge for identifying time influence on patterns. The model is implemented into a speaker recognition system using Python programming language, with hidden unit size and learning rate as the tuned parameters. The model is trained and tested using TIMIT corpus sound database, applying the core dataset consisting of 24 distinct speakers, each with 10 voice recordings. As many as 6 of the recordings are used for training, 2 for validation, and another 2 for testing. After training, the model is exposed to the testing dataset. With 0.04 learning rate and 120 hidden unit size, the model yields its best performance of 77.08% accuracy, or 37 correct guesses out of all 48 test dataset.

Keywords: Long Short-Term Memory, Recurrent Neural Network, Speaker Recognition, Spectrogram, TIMIT



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR RUMUS.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan Laporan Penelitian.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Speaker Recognition.....	6
2.2 Biometrik Suara.....	7
2.3 Spektrogram	8
2.4 Kecerdasan Buatan	10
2.5 Jaringan Saraf Tiruan	11
2.6 Recurrent Neural Network	16
2.7 Long Short-Term Memory	17
2.8 NumPy.....	23
2.9 SoX	24
BAB III METODOLOGI DAN PERANCANGAN SISTEM.....	25
3.1 Metodologi Penelitian	25
3.2 Perancangan Sistem.....	26
3.2.1 Flowchart	26
3.2.2 Desain Antarmuka	35
BAB IV IMPLEMENTASI DAN UJI COBA	36
4.1 Spesifikasi Sistem.....	36
4.2 Dataset Suara.....	36
4.3 Implementasi	37
4.3.1 Convert.....	37
4.3.2 Edit.....	39
4.3.3 Train.....	39
4.3.4 Test.....	42
4.4 Uji Coba.....	44
4.4.1 Uji Coba Tahap Convert	44

4.4.2	Uji Coba Tahap Edit	47
4.4.3	Uji Coba Tahap Train	47
4.4.4	Uji Coba Tahap Test	51
4.5	Analisis	54
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		60
5.1	Simpulan	60
5.2	Saran	60
DAFTAR PUSTAKA		62
DAFTAR LAMPIRAN		65



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Representasi Spektrogram dari Suara Manusia.....	9
Gambar 2.2 Struktur Jaringan Saraf Tiruan <i>Feed-forward</i> Sederhana	12
Gambar 2.3 <i>Backpropagation</i> pada Jaringan Saraf Tiruan dengan Satu Layar Tersembunyi.....	14
Gambar 2.4 Struktur Perulangan RNN Terhadap Waktu	16
Gambar 2.5 Ilustrasi Struktur Modul Perulangan LSTM dan Operasi Vektornya	19
Gambar 2.6 Contoh <i>Softmax Classifier</i> Memberikan Nilai Probabilitas untuk Klasifikasi.....	20
Gambar 3.1 Flowchart Main Program	26
Gambar 3.2 Flowchart Convert.....	28
Gambar 3.3 Flowchart Train.....	29
Gambar 3.4 Flowchart Test.....	31
Gambar 3.5 Flowchart Ubah Parameter.....	32
Gambar 3.6 Flowchart Propagasi Maju	33
Gambar 3.7 Flowchart Propagasi Mundur	34
Gambar 4.1 Potongan Kode Konversi Suara Menjadi Spektrogram	38
Gambar 4.2 Potongan Kode Pengambilan Nilai Bit Gambar	38
Gambar 4.3 Potongan Kode Pengubahan Nilai Parameter	39
Gambar 4.4 Potongan Kode Proses Pelatihan 1 <i>Epoch</i>	39
Gambar 4.5 Potongan Kode Proses Propagasi Maju	40
Gambar 4.6 Potongan Kode Proses Propagasi Mundur	41
Gambar 4.7 Potongan Kode Proses Validasi Tiap 5 <i>Epoch</i>	42
Gambar 4.8 Potongan Kode Fungsi Validasi	42
Gambar 4.9 Potongan Kode Proses Pengujian dan Perhitungan Akurasi.....	43
Gambar 4.10 Potongan Kode Fungsi Pengujian	43
Gambar 4.11 Potongan Tampilan Pencatatan Rekaman Suara.....	44
Gambar 4.12 Tampilan Vektor Target Masing-masing Pembicara	45
Gambar 4.13 Tampilan Hasil Konversi Spektrogram SA1 Milik FELC0	46
Gambar 4.14 Tampilan Matriks Nilai Spektrogram SA1 Milik FELC0	46
Gambar 4.15 Tampilan Inisialisasi Matriks Bobot Model dan Ukurannya	47
Gambar 4.16 Tampilan Delta Matriks Bobot Pengolahan SA1 Milik FELC0	48
Gambar 4.17 Tampilan Hasil Keluaran Pengolahan Suara dan Nilai Erornya	49
Gambar 4.18 Tampilan Nilai Eror Pelatihan dan Validasi pada Epoch 10.....	49
Gambar 4.19 Tampilan Nilai Eror Pelatihan dan Validasi pada Epoch 1000.....	50
Gambar 4.20 Tampilan Perbandingan Eror Sebelum dan Sesudah <i>Overfitting</i>	50
Gambar 4.21 Tampilan Matriks Bobot Setelah 3000 <i>Epoch</i> dan Matriks Bobot Terbaik	51
Gambar 4.22 Tampilan Keluaran Hasil Pengujian FELC0 dan Vektor Target	52
Gambar 4.23 Tampilan <i>Confusion Matrix</i> Hasil Pengujian Skenario Uji Coba.....	53
Gambar 4.24 Tampilan Hasil Akhir Akurasi Pengujian.....	54

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Rumus Fungsi Sigmoid Gerbang Forget	18
Rumus 2.2 Rumus Fungsi Sigmoid Gerbang Masukan	18
Rumus 2.3 Rumus Fungsi Sigmoid Bipolar Vektor Masukan.....	18
Rumus 2.4 Rumus Produk Hagamard Nilai Sel.....	18
Rumus 2.5 Rumus Fungsi Sigmoid Gerbang Keluaran	18
Rumus 2.6 Rumus Produk Hagamard Nilai Keluaran	18
Rumus 2.7 Rumus Perhitungan Vektor Skor	20
Rumus 2.8 Rumus Perhitungan Nilai Positif Skor.....	20
Rumus 2.9 Rumus Perhitungan Nilai Probabilitas Skor	20
Rumus 2.10 Rumus Perhitungan Nilai Loss Per Data	21
Rumus 2.11 Rumus Perhitungan Nilai Loss Seluruh Data	21
Rumus 2.12 Rumus Matriks Jacobian Vektor Skor	21
Rumus 2.13 Rumus Faktor Kesalahan Vektor Skor	21
Rumus 2.14 Rumus Faktor Kesalahan Matriks Bobot Skor	21
Rumus 2.15 Rumus Faktor Kesalahan Nilai Keluaran Layar Tersembunyi.....	21
Rumus 2.16 Rumus Gabungan Matriks LSTM	22
Rumus 2.17 Rumus Gabungan Matriks Masukan	22
Rumus 2.18 Rumus Faktor Kesalahan Gerbang Keluaran	22
Rumus 2.19 Rumus Faktor Kesalahan Sel Memori	22
Rumus 2.20 Rumus Faktor Kesalahan Gerbang Masukan	22
Rumus 2.21 Rumus Faktor Kesalahan Vektor Masukan	22
Rumus 2.22 Rumus Faktor Kesalahan Gerbang Forget.....	22
Rumus 2.23 Rumus Faktor Kesalahan Sel Memori Tahapan Sebelumnya	22
Rumus 2.24 Rumus Faktor Kesalahan Matriks Vektor Masukan.....	22
Rumus 2.25 Rumus Faktor Kesalahan Matriks Gerbang Masukan	22
Rumus 2.26 Rumus Faktor Kesalahan Matriks Gerbang Forget	23
Rumus 2.27 Rumus Faktor Kesalahan Matriks Gerbang Keluaran	23
Rumus 2.28 Rumus Gabungan Faktor Kesalahan Matriks LSTM	23
Rumus 2.29 Rumus Faktor Kesalahan Vektor Masukan	23
Rumus 2.30 Rumus Faktor Kesalahan Matriks Gabungan Satu Putaran.....	23
Rumus 2.31 Rumus Faktor Kesalahan Matriks Gabungan	23
Rumus 2.32 Rumus Perubahan Nilai Matriks Bobot Gabungan.....	23
Rumus 2.33 Rumus Perubahan Nilai Matriks Bobot Skor	23

**U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A**

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Penjabaran Tingkat Akurasi terhadap Parameter Pengujian Pertama....	54
Tabel 4.2 Penjabaran Parameter Menyeluruh Hasil Pengujian Pertama.....	55
Tabel 4.3 Penjabaran Tingkat Akurasi terhadap Parameter Pengujian Kedua	57
Tabel 4.4 Penjabaran Parameter Menyeluruh Hasil Pengujian Kedua	57

