

**DETEKSI ESTIMASI UMUR MANUSIA MELALUI AUDIO
MENGUNAKAN MFCC (*MEL FREQUENCY CEPSTRUM
COEFFICIENTS*) DAN RNN (*RECURRENT NEURAL NETWORK*)**

SKRIPSI

Oleh:

KEN KEN

NIM. 18.111.1048

OSFREDO QUINN

NIM. 18.111.0166



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS INFORMATIKA
UNIVERSITAS MIKROSKIL
MEDAN
2022**

**HUMAN AGE ESTIMATION BASED ON AUDIO
WITH MFCC (*MEL FREQUENCY CEPSTRUM COEFFICIENTS*)
AND RNN (*RECURRENT NEURAL NETWORK*)**

FINAL RESEARCH

By:

KEN KEN

ID. 18.111.1048

OSFREDO QUINN

ID. 18.111.0166



**STUDY PROGRAM OF INFORMATICS ENGINEERING
FACULTY OF INFORMATICS
UNIVERSITAS MIKROSKIL
MEDAN
2022**

LEMBARAN PENGESAHAN

DETEKSI ESTIMASI UMUR MANUSIA MELALUI AUDIO
MENGUNAKAN MFCC (*MEL FREQUENCY CEPSTRUM
COEFFICIENTS*) DAN RNN (*RECURRENT NEURAL NETWORK*)

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Persyaratan Guna
Mendapatkan Gelar Sarjana Strata Satu
Program Studi Teknik Informatika

Oleh :

KEN KEN

NIM. 18.111.1048

OSFREDO QUINN

NIM. 18.111.0166

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,



Irpan Adiputra Pardosi, S.Kom., M.TI



Wenripin Chandra, S.Kom., M.TI

Medan, 29 Juli 2022

Diketahui dan Disahkan Oleh:

Ketua Program Studi
Teknik Informatika,



HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang membuat pernyataan ini adalah mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Informatika Universitas Mikroskil Medan dengan identitas mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Ken Ken
NIM : 181111048

Saya telah melaksanakan penelitian dan penulisan Tugas Akhir dengan judul dan tempat penelitian sebagai berikut:

Judul Tugas Akhir : Deteksi Estimasi Umur Manusia Melalui Audio Menggunakan MFCC (*Mel Frequency Cepstrum Coefficients*) Dan RNN (*Recurrent Neural Network*)
Tempat Penelitian : Universitas Mikroskil

Sehubungan dengan Tugas Akhir tersebut, dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa penelitian dan penulisan Tugas Akhir tersebut merupakan hasil karya saya sendiri (tidak menyuruh orang lain yang mengerjakannya) dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar. Bila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa bukan saya yang mengerjakannya (membuatnya), maka saya bersedia dikenakan sanksi yang telah ditetapkan oleh Universitas Mikroskil Medan, yakni pencabutan ijazah yang telah saya terima dan ijazah tersebut dinyatakan tidak sah.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mikroskil Medan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas Tugas Akhir saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Universitas Mikroskil Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan Tugas Akhir saya, secara keseluruhan atau hanya sebagian atau hanya ringkasannya saja dalam bentuk format tercetak dan/atau elektronik, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Menyatakan juga bahwa saya akan mempertahankan hak eksklusif saya untuk menggunakan seluruh atau sebagian isi Tugas Akhir saya guna pengembangan karya di masa depan, misalnya dalam bentuk artikel, buku, ataupun perangkat lunak/sistem informasi.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Medan, 18 Juli 2022

Saya yang membuat pernyataan,



Ken Ken

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang membuat pernyataan ini adalah mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Informatika Universitas Mikroskil Medan dengan identitas mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Osfredo Quinn
NIM : 181110166

Saya telah melaksanakan penelitian dan penulisan Tugas Akhir dengan judul dan tempat penelitian sebagai berikut:

Judul Tugas Akhir : Deteksi Estimasi Umur Manusia Melalui Audio Menggunakan MFCC (*Mel Frequency Cepstrum Coefficients*) Dan RNN (*Recurrent Neural Network*)
Tempat Penelitian : Universitas Mikroskil

Sehubungan dengan Tugas Akhir tersebut, dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa penelitian dan penulisan Tugas Akhir tersebut merupakan hasil karya saya sendiri (tidak menyuruh orang lain yang mengerjakannya) dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar. Bila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa bukan saya yang mengerjakannya (membuatnya), maka saya bersedia dikenakan sanksi yang telah ditetapkan oleh Universitas Mikroskil Medan, yakni pencabutan ijazah yang telah saya terima dan ijazah tersebut dinyatakan tidak sah.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mikroskil Medan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas Tugas Akhir saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Universitas Mikroskil Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan Tugas Akhir saya, secara keseluruhan atau hanya sebagian atau hanya ringkasannya saja dalam bentuk format tercetak dan/atau elektronik, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Menyatakan juga bahwa saya akan mempertahankan hak eksklusif saya untuk menggunakan seluruh atau sebagian isi Tugas Akhir saya guna pengembangan karya di masa depan, misalnya dalam bentuk artikel, buku, ataupun perangkat lunak/sistem informasi.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Medan, 18 Juli 2022

Saya yang membuat pernyataan,



Osfredo Quinn

DETEKSI ESTIMASI UMUR MANUSIA MELALUI AUDIO MENGGUNAKAN MFCC (*MEL FREQUENCY CEPSTRUM COEFFICIENTS*) DAN RNN (*RECURRENT NEURAL NETWORK*)

Abstrak

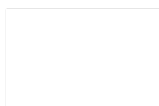
Umur merupakan salah satu atribut utama manusia sejak manusia lahir. Dengan mengetahui umur, manusia dapat lebih memahami dan meningkatkan pengalaman dalam bersosialisasi. Estimasi umur telah digunakan pada beberapa aplikasi dalam meningkatkan pengalaman pengguna, serta telah menjadi salah satu topik penelitian yang sangat diminati. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan untuk mengetahui estimasi umur pengguna dimana salah satunya melalui audio. Mel Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC) dan Recurrent Neural Network (RNN) akan digunakan dalam melakukan estimasi umur melalui audio. MFCC digunakan untuk mendapatkan fitur dari data audio, sedangkan RNN digunakan dalam melakukan estimasi umur. Hasil dari tugas akhir ini didapatkan bahwa MFCC dan RNN dapat digunakan untuk mengetahui estimasi umur pengguna melalui audio dengan nilai accuracy terbaik yaitu 0.5647 pada model SimpleRNN, dan 0.7087 pada model LSTM.

Kata kunci: Klasifikasi, Umur, Audio, MFCC, RNN

Abstract

Age is one of human main attributes since born. By knowing age, humans can understand and improve their social experience. Age estimation has been used in several applications to improve user experience, and has become one of the most popular research topics. Therefore, an approach is needed to estimate the user age, one of which is through audio. Mel Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC) and Recurrent Neural Network (RNN) will be used to estimate age through audio. MFCC is used to get features from audio data, while RNN is used to estimate age. The results of this final project show that MFCC and RNN methods are able to estimate human age through audio with highest accuracy value of 0.5647 for SimpleRNN, and 0.7087 for LSTM.

Keywords: Classification, Age, Audio, MFCC, RNN



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur bagi Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini yang berjudul Deteksi Estimasi Umur Manusia Melalui Audio Menggunakan MFCC (*Mel Frequency Cepstrum Coefficients*) dan RNN (*Recurrent Neural Network*) dengan baik.

Tugas akhir ini sendiri merupakan salah satu syarat kurikulum pada Program Studi Teknik Informatika Strata Satu, Universitas Mikroskil Medan.

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan masukan dan bantuan dari berbagai pihak, oleh sebab itu penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Irpan Adiputra Pardosi, S.Kom., M.TI selaku Pembimbing I yang telah membimbing saya selama penulisan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Wenripin Chandra, S.Kom., M.TI selaku Pembimbing II yang telah membimbing saya selama penulisan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Arwin Halim S.Kom., M.Kom. selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Mikroskil Medan.
4. Bapak dan Ibu Dosen Universitas Mikroskil Medan yang telah membantu proses penulisan Tugas Akhir penulis.
5. Ayah, Ibu, beserta keluarga penulis yang telah memberikan dukungan moril maupun materil, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Teman-teman dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam proses penulisan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu, penulis bersedia menerima kritik dan saran yang membangun untuk mengembangkan kemampuan penulis dalam memperbaiki serta menyempurnakan laporan ini. Semoga laporan ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca, khususnya rekan-rekan mahasiswa Universitas Mikroskil Medan. Atas dukungan dan bantuan dari semua pihak, penulis mengucapkan terima kasih.

Medan, 18 Juli 2022

Penulis

::

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Metodologi Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Umur.....	6
2.2 Sinyal Audio.....	8
2.3 Pemrosesan Sinyal Digital.....	9
2.4 <i>Mel Frequency Cepstrum Coefficients</i>	10
2.4.1 <i>Pre-emphasis</i>	10
2.4.2 <i>Frame Blocking and Windowing</i>	11
2.4.3 <i>Discrete Fourier Transform</i>	11
2.4.4 <i>Mel Filter Bank</i>	12
2.4.5 <i>Discrete Cosine Transform</i>	14
2.4.6 <i>Delta and Delta-Delta</i>	14
2.5 <i>Artificial Neural Network</i>	15
2.6 <i>Recurrent Neural Network</i>	17
2.6.1 <i>SimpleRNN</i>	18
2.6.2 <i>Long Short-Term Memory</i>	19
2.7 Fungsi Aktivasi.....	21
2.8 <i>Confusion Matrix</i>	23

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Objek Penelitian.....	25
3.2 Analisis.....	25
3.2.1 Analisis Proses.....	25
3.2.2 Analisis Kebutuhan.....	71
3.3 Perancangan Sistem.....	76
3.3.1 Perancangan <i>Training, Validation and Training System</i>	77
3.3.2 Perancangan Tampilan.....	79
BAB IV HASIL DAN PENGUJIAN.....	86
4.1 Hasil.....	86
4.1.1 Hasil <i>Training, Validation and Testing System</i>	86
4.1.2 Hasil Implementasi.....	96
4.2 Pengujian.....	116
4.2.1 Spesifikasi Perangkat Keras.....	116
4.2.2 Spesifikasi Perangkat Lunak.....	116
4.2.3 Pengujian Training dan Testing pada Model RNN.....	117
4.2.4 Pengujian Aplikasi.....	135
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	138
5.1 Kesimpulan.....	138
5.2 Saran.....	138
DAFTAR PUSTAKA.....	140

UNIVERSITAS
MIKROSKIL

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Proses Sinyal Digital.....	9
Gambar 2.2 Diagram blok untuk mendapatkan <i>Mel Frequency Cepstrum Coefficients</i>	10
Gambar 2.3 Konversi <i>time domain</i> ke <i>frequency domain</i> dengan <i>Fourier Transform</i>	12
Gambar 2.4 <i>Mel Filter Bank</i>	13
Gambar 2.5 Sel Saraf.....	15
Gambar 2.6 Arsitektur <i>Neuron</i>	16
Gambar 2.7 Arsitektur RNN.....	17
Gambar 2.8 Rangkaian RNN setelah dijabarkan.....	18
Gambar 2.9 <i>Data Sequences</i> yang dapat diproses dalam RNN dengan warna merah sebagai <i>input</i> , warna hijau sebagai RNN, dan warna biru sebagai <i>output</i>	18
Gambar 2.10 Struktur LSTM.....	19
Gambar 2.11 <i>Confusion matrix</i> multi kelas secara umum.....	23
Gambar 3.1 Pembagian kelas rentang umur dan jumlah <i>dataset</i> pada setiap kelas.....	25
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> sistem <i>training</i> dan <i>testing</i>	26
Gambar 3.3 <i>Audio Waveform</i> pada <i>sample-083257.mp3</i>	27
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> proses <i>data preparation</i>	28
Gambar 3.5 Perbandingan <i>Waveform</i> hasil <i>resampling</i> pada audio <i>sample-083257.mp3</i>	29
Gambar 3.6 <i>Waveform</i> audio <i>sample-083257.mp3</i> setelah melakukan penghapusan <i>silent</i>	29
Gambar 3.7 <i>Flowchart</i> proses ekstraksi fitur dengan MFCC.....	31
Gambar 3.8 <i>Filter Bank</i> MFCC yang dihasilkan berdasarkan Tabel 3.4.....	38
Gambar 3.9 Hasil MFCC dalam bentuk spektogram.....	42
Gambar 3.10 <i>Flowchart</i> proses <i>training</i> pada <i>Recurrent Neural Network</i> (RNN).....	44
Gambar 3.11 <i>Doughnut Chart</i> pembagian <i>training dataset</i> dan <i>validation dataset</i>	46
Gambar 3.12 Arsitektur <i>neural network</i> dengan SimpleRNN.....	47
Gambar 3.13 Arsitektur <i>neural network</i> dengan LSTM.....	48
Gambar 3.14 <i>Flowchart</i> perhitungan <i>neuron</i> pada <i>layer</i> SimpleRNN.....	49
Gambar 3.15 <i>Flowchart</i> perhitungan <i>neuron</i> pada <i>layer</i> LSTM.....	53
Gambar 3.16 <i>Flowchart</i> proses <i>testing</i> pada <i>Recurrent Neural Network</i> (RNN).....	64
Gambar 3.17 <i>Flowchart</i> sistem aplikasi estimasi umur melalui audio.....	68
Gambar 3.18 Skema implementasi sistem estimasi umur melalui audio.....	70

Gambar 3.19 <i>Use Case Diagram</i> pada aplikasi estimasi umur.....	71
Gambar 3.20 <i>State diagram</i> pada sistem <i>training, validation and testing</i>	77
Gambar 3.21 Halaman Utama.....	79
Gambar 3.22 Halaman <i>Record</i> awal.....	80
Gambar 3.23 Halaman <i>Record</i> pada saat <i>recording</i>	81
Gambar 3.24 Halaman <i>Record</i> pada saat selesai <i>recording</i>	82
Gambar 3.25 Tampilan konfirmasi sebelum menghapus hasil <i>recording</i>	82
Gambar 3.26 Tampilan <i>loading</i>	83
Gambar 3.27 Tampilan <i>request timed out error</i>	83
Gambar 3.28 Halaman Upload.....	84
Gambar 3.29 Halaman Hasil.....	85
Gambar 4.1 Langkah untuk mendapatkan hasil <i>pre-emphasis</i>	87
Gambar 4.2 Langkah untuk mendapatkan <i>framing</i>	87
Gambar 4.3 Langkah untuk mendapatkan hasil <i>windowing</i>	88
Gambar 4.4 Langkah untuk mendapatkan hasil DFT.....	88
Gambar 4.5 Langkah untuk mendapatkan hasil <i>power spectrum</i>	88
Gambar 4.6 Langkah untuk mendapatkan <i>filter bank</i>	88
Gambar 4.7 Langkah untuk mendapatkan hasil <i>mel filter bank</i> pada audio.....	89
Gambar 4.8 Langkah untuk mendapatkan DCT.....	89
Gambar 4.9 Langkah untuk mendapatkan MFCC.....	89
Gambar 4.10 Langkah mendapatkan nilai <i>delta</i> dan <i>delta-delta</i>	89
Gambar 4.11 Fungsi <i>delta</i> untuk memperoleh nilai <i>delta</i> dan <i>delta-delta</i>	90
Gambar 4.12 Langkah mendapatkan nilai <i>h</i> pada SimpleRNN.....	91
Gambar 4.13 Langkah menambahkan nilai <i>bias</i> pada SimpleRNN.....	91
Gambar 4.14 Langkah melakukan fungsi aktivasi <i>tanh</i> pada SimpleRNN.....	91
Gambar 4.15 Langkah menambahkan <i>bias</i> pada LSTM.....	92
Gambar 4.16 Langkah untuk mendapatkan nilai <i>forget gate</i> pada LSTM.....	93
Gambar 4.17 Langkah untuk mendapatkan nilai <i>input gate</i> pada LSTM.....	93
Gambar 4.18 Langkah untuk mendapatkan nilai <i>cell</i> pada LSTM.....	93
Gambar 4.19 Langkah untuk mendapatkan nilai <i>output gate</i> pada LSTM.....	94
Gambar 4.20 Langkah untuk mendapatkan nilai <i>h</i>	94
Gambar 4.21 Contoh hasil <i>test_model</i> pada pengujian terhadap model SimpleRNN.....	95
Gambar 4.22 <i>Software stack</i> pada <i>server</i> estimasi umur yang dibangun.....	96

Gambar 4.23 Konfigurasi uWSGI yang digunakan pada <i>server</i>	98
Gambar 4.24 Konfigurasi Dockerfile pada Flask Container.....	99
Gambar 4.25 Konfigurasi NGINX pada <i>server</i>	101
Gambar 4.26 Konfigurasi Dockerfile pada NGINX Container.....	102
Gambar 4.27 Konfigurasi docker-compose.yml.....	103
Gambar 4.28 Tampilan <i>Terminal</i> pada Virtual Machine.....	104
Gambar 4.29 Tampilan <i>server</i> yang sedang berjalan.....	105
Gambar 4.30 Hasil tampilan Halaman Utama.....	106
Gambar 4.31 Hasil tampilan Halaman <i>Record</i>	107
Gambar 4.32 Hasil tampilan Halaman <i>Record</i> pada saat melakukan <i>Recording</i>	108
Gambar 4.33 Hasil tampilan Halaman <i>Record</i> pada saat selesai <i>Recording</i>	109
Gambar 4.34 Hasil tampilan konfirmasi pada saat menghapus data <i>recording</i>	110
Gambar 4.35 Hasil tampilan <i>loading</i> pada Halaman <i>Recording</i>	110
Gambar 4.36 Hasil tampilan <i>Request Timed Out</i> pada Halaman <i>Recording</i>	111
Gambar 4.37 Hasil tampilan Halaman <i>Upload</i>	112
Gambar 4.38 Hasil tampilan Halaman <i>Upload</i> setelah memilih data audio.....	113
Gambar 4.39 Hasil tampilan <i>loading</i> pada Halaman <i>Upload</i>	114
Gambar 4.40 Hasil tampilan <i>Request Timed Out</i> pada Halaman <i>Upload</i>	114
Gambar 4.41 Hasil tampilan Halaman Hasil.....	115
Gambar 4.42 Hasil pengujian pengaruh <i>learning rate</i> terhadap <i>accuracy</i> pada SimpleRNN.....	121
Gambar 4.43 Hasil pengujian pengaruh <i>epoch</i> terhadap <i>accuracy</i> pada SimpleRNN.....	122
Gambar 4.44 Hasil pengujian pengaruh <i>epoch</i> terhadap <i>loss</i> pada SimpleRNN.....	122
Gambar 4.45 Hasil <i>confusion matrix</i> pada saat <i>testing</i> dengan model SimpleRNN terbaik. .	123
Gambar 4.46 Hasil pengujian pengaruh <i>learning rate</i> terhadap <i>accuracy</i> pada LSTM.....	130
Gambar 4.47 Hasil pengujian pengaruh <i>epoch</i> terhadap <i>accuracy</i> pada LSTM.....	131
Gambar 4.48 Hasil pengujian pengaruh <i>epoch</i> terhadap <i>loss</i> pada LSTM.....	131
Gambar 4.49 Hasil <i>confusion matrix</i> pada saat <i>testing</i> dengan model LSTM terbaik.....	132

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 <i>Array</i> data audio <i>sample-083257.mp3</i> setelah proses <i>cut</i> dan <i>right padding</i>	30
Tabel 3.2 Contoh hasil <i>pre-emphasis</i>	32
Tabel 3.3 Contoh hasil <i>framing</i> dan <i>windowing</i>	33
Tabel 3.4 Nilai daftar <i>filter bank</i>	36
Tabel 3.5 Contoh hasil <i>Mel Frequency Cepstrum Coefficients</i>	41
Tabel 3.6 Contoh hasil MFCC, <i>delta</i> dan <i>delta-delta</i>	43
Tabel 3.7 Tabel nilai <i>one hot encoding</i> pada setiap label <i>dataset</i> audio.....	45
Tabel 3.8 Nilai empat koefisien pertama MFCC pada blok indeks ke-0 yang terdapat pada audio <i>sample-083257.mp3</i>	49
Tabel 3.9 Nilai <i>W_{xh}</i> pada contoh perhitungan <i>neuron</i> pada SimpleRNN.....	50
Tabel 3.10 Nilai <i>W_{hh}</i> pada contoh perhitungan <i>neuron</i> pada SimpleRNN.....	50
Tabel 3.11 Nilai <i>W_{hy}</i> pada contoh perhitungan <i>neuron</i> pada SimpleRNN.....	50
Tabel 3.12 Nilai <i>W_{xf}</i> pada contoh perhitungan <i>neuron</i> pada LSTM.....	54
Tabel 3.13 Nilai <i>W_{xi}</i> pada contoh perhitungan <i>neuron</i> pada LSTM.....	54
Tabel 3.14 Nilai <i>W_{xc}</i> pada contoh perhitungan <i>neuron</i> pada LSTM.....	55
Tabel 3.15 Nilai <i>W_{xo}</i> pada contoh perhitungan <i>neuron</i> pada LSTM.....	55
Tabel 3.16 Nilai <i>W_{hf}</i> , <i>W_{hi}</i> , <i>W_{hc}</i> , <i>W_{ho}</i> dengan ukuran 1x1 pada contoh perhitungan <i>neuron</i> pada LSTM.....	55
Tabel 3.17 Nilai <i>W_{cf}</i> , <i>W_{ci}</i> , <i>W_{co}</i> dengan ukuran 1x1 pada contoh proses perhitungan <i>neuron</i> pada LSTM.....	55
Tabel 3.18 Nilai <i>W_{hy}</i> pada contoh proses perhitungan <i>neuron</i> pada LSTM.....	55
Tabel 3.19 Hasil contoh <i>confusion matrix</i>	65
Tabel 3.20 Definisi <i>Use Case</i>	72
Tabel 3.21 Skenario <i>Use Case</i> : Melakukan <i>audio recording</i>	72
Tabel 3.22 Skenario <i>Use Case</i> : Memilih <i>audio input device</i>	73
Tabel 3.23 Skenario <i>Use Case</i> : Melakukan <i>upload</i> data audio.....	74
Tabel 3.24 Skenario <i>Use Case</i> : Menampilkan data audio.....	75
Tabel 3.25 Skenario <i>Use Case</i> : Mendapatkan hasil estimasi umur.....	75
Tabel 3.26 Tabel <i>framework</i> PIECES.....	76
Tabel 4.1 Jumlah <i>neuron</i> setiap <i>hidden layer</i> pada pengujian pada model SimpleRNN.....	117

Tabel 4.2 Proses <i>training</i> pengujian <i>learning rate</i> pada SimpleRNN.....	118
Tabel 4.3 Hasil <i>precision</i> , <i>recall</i> , dan <i>f1-score</i> pada setiap rentang umur terhadap model SimpleRNN terbaik.....	125
Tabel 4.4 Jumlah <i>neuron</i> setiap <i>layer</i> pada pengujian pada model LSTM.....	126
Tabel 4.5 Proses <i>training</i> pengujian <i>learning rate</i> pada LSTM.....	127
Tabel 4.6 Hasil <i>precision</i> , <i>recall</i> , dan <i>f1-score</i> pada setiap rentang umur terhadap model LSTM terbaik.....	134
Tabel 4.7 Pengujian Halaman Utama.....	135
Tabel 4.8 Pengujian Halaman <i>Record</i>	135
Tabel 4.9 Pengujian Halaman <i>Upload</i>	137
Tabel 4.10 Pengujian Halaman Hasil.....	137



UNIVERSITAS MIKROSKIL

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar Riwayat Hidup

