

**IMPLEMENTASI *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*
(*CNN*) BERBASIS *TENSORFLOW* UNTUK PENGENALAN
UCAPAN**

TUGAS AKHIR

**Disusun oleh:
Cleonart A.E Dotulong
17013045**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK DE LA SALLE MANADO
MANADO
2021**

**IMPLEMENTASI *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*
(*CNN*) BERBASIS *TENSORFLOW* UNTUK PENGENALAN
UCAPAN**

TUGAS AKHIR

Ditulis untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk mendapat gelar Sarjana
Teknik pada Program Studi Teknik Informatika

**Disusun oleh:
Cleonart A.E Dotulong
17013045**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK DE LA SALLE MANADO
MANADO**

2021

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Cleonart Azarya Edhard Dotulong
NIM : 17013045
Tempat/Tanggal Lahir : Manado, 29 Januari 2000
Fakultas/Program Studi : Teknik/Teknik Informatika

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir dan Aplikasi yang berjudul **“Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) Berbasis Tensorflow Untuk Pengenalan Ucapan”** yang saya buat adalah benar hasil karya saya sendiri dan bukan karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya kecuali dalam bentuk kutipan yang telah disebutkan sumbernya di dalam laporan ini.

Demikianlah surat ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan apabila pernyataan ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi akademis sesuai dengan yang ditetapkan oleh Fakultas Teknik, berupa pembatalan nilai Tugas Akhir.

Manado, 28 Juli 2021



Cleonart Azarya Edhard Dotulong

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Debby Paseru, S.T., MMSI., M.Ed.

Dosen Pembimbing II

Vivie D. Kumenap, S.T., M.Cs.

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Vivie D. Kumenap, S.T., M.Cs.



Dekan Fakultas Teknik

Ronald A. Rachmadi, S.T., M.T.



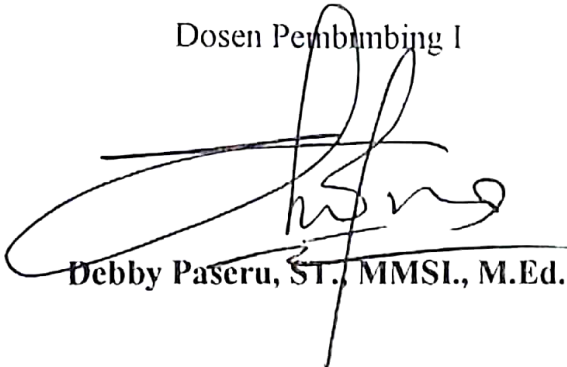
**UNIVERSITAS KATOLIK DE LA SALLE MANADO
MANADO – INDONESIA**

Nama : Cleonart Azarya Edhard Dotulong
NIM : 17013045
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Informatika
Judul Tugas Akhir : Implementasi *Convolutional Neural Network* (CNN)
Berbasis *Tensorflow* Untuk Pengenalan Ucapan.
Pembimbing I : Debby Paseru, ST., MMSI., M.Ed.
Pembimbing II : Vivie D. Kumenap, S.T., M.Cs.

Menyetujui,

Manado, 28 Juli 2021

Dosen Pembimbing I



Debby Paseru, ST., MMSI., M.Ed.

Dosen Pembimbing II



Vivie D. Kumenap, S.T., M.Cs.

Ketua Program Studi



Vivie D. Kumenap, S.T., M.Cs.

Mengetahui



Ronald A. Rachmadi, S.T., M.T.

ABSTRACT

Speech Recognition application nowadays is widely adopt by most of society, the app itself already help lot of them with their various of task, One of this speech recognition application is called Google Assistant by Google. In its implementation, speech recognition application are also built using neural network, however, the neural network in form of dense layer and vanilla has poor performance.

The poor performance of the neural network model can lead to lots of problems such as prediction errors and misclassification, one of the dense layer models used for speech classification only reaching an accuracy rate of 56%. This happened because the neural network model is not well enough to be able to learn and recognize the features of each audio sample that is used as input.

Therefore, in this final project will be implemented a Tensorflow based Neural Network to recognize human speech using Convolutional Neural Network (CNN) and MFCC. The dataset used in this final project is already provided inside of Mini Speech Command Dataset, also, accompanied by output from neural network which is divided into 5 class, namely: Go, Stop, Yes, Down, No.

In this final project, testing process of the neural network model with the Convolutional Neural Network method based on Tensorflow is done using a test dataset. Based on the test, the accuracy is 90% and the loss value is 23%.

Keyword : *Tensorflow, Speech Recognition, Neural Network, Convolutional Neural Network (CNN), MFCC*

ABSTRAK

Aplikasi pengenalan ucapan sudah mulai banyak diadopsi dan digunakan oleh banyak masyarakat di seluruh dunia untuk memudahkan berbagai aktivitas, salah satu contohnya adalah *Google Assistant* buatan *Google*. Dalam implementasinya, aplikasi pengenalan ucapan juga dibangun dengan menggunakan *neural network*, akan tetapi, model *neural network* yang berbentuk *dense layer* dan *vanilla neural network* memiliki performa yang kurang baik.

Performa yang kurang baik dari model *neural network* dapat berujung pada masalah-masalah, seperti kesalahan prediksi dan kesalahan klasifikasi. Salah satu model *dense layer* yang digunakan untuk klasifikasi ucapan hanya mencapai tingkat akurasi 56%. Hal ini disebabkan karena model *neural network* kurang mampu untuk mempelajari dan mengenali *feature* dari tiap sampel *audio* yang digunakan sebagai *input*.

Oleh karena itu, pada tugas akhir ini akan dilakukan implementasi model *Neural Network* berbasis *Tensorflow* untuk mengenali ucapan manusia dengan menggunakan *Convolutional Neural Network (CNN)* dan MFCC sebagai solusi pengenalan ucapan berbasis *neural network*. *Dataset* yang digunakan adalah *dataset* dari *Mini Speech Command* disertai dengan *output* dari *neural network* yang dibagi menjadi 5 kelas, yaitu: *Go*, *Stop*, *Yes*, *Down* dan *No*.

Dalam tugas akhir ini pengujian model *neural network* dengan metode *Convolutional Neural Network* berbasis *Tensorflow* dilakukan dengan menggunakan *dataset test*. Berdasarkan pengujian didapatkan akurasi sebesar 90% dan nilai *loss* 23%.

Kata Kunci : *Tensorflow*, Pengenalan Ucapan, *Neural Network*, *Convolutional Neural Network (CNN)*, MFCC

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang hanya oleh penyertaannya sehingga penulis dapat menyelesaikan pembuatan aplikasi dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

Adapun ucapan terima kasih ditujukan kepada pihak-pihak yang telah memberikan masukan, bantuan dan bimbingan serta dukungan doa dalam pembuatan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bapak Prof. Dr. Johanis Ohoitumur sebagai Rektor Universitas Katolik De La Salle Manado.
2. Dekan Fakultas Teknik, Bapak Ronald A. Rachmadi, S.T., M.T.
3. Ibu Vivie D. Kumenap, S.T., M.Cs. sebagai Ketua Program Studi Teknik Informatika dan Dosen Pembimbing II.
4. Ibu Debby Paseru, ST., MMSI., M.Ed sebagai Dosen Pembimbing I.
5. Ibu Lanny Sitanayah, S.T., M.Sc., P.hD sebagai Dosen Pembimbing Akademik.
6. Kedua orang tua, Bapak Derek S. Dotulong dan Ibu Veronica F.M Djama yang telah bekerja keras, memberikan kasih sayang, doa dan semangat.
7. Adik, Immanuel Dotulong yang telah memberikan dukungan dan doa.
8. Chrisdityra Lengkey, bersama-sama membantu, memberikan semangat dan doa.
9. Tim Mac'x yang telah memberikan dorongan dan semangat.
10. Mahasiswa Teknik Informatika angkatan 2017.

Adapun juga pihak-pihak lain yang tidak sempat disebutkan, kiranya kita semua diberkati dalam lindungan Tuhan Yesus Kristus.

Semoga pada masa yang akan datang isi laporan ini dapat bermanfaat dan membantu pembaca dan pembaca juga dapat memberikan saran apabila terdapat kesalahan dan kekurangan dalam isi laporan ini.

Manado, Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRACT.....	v
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tujuan Tugas Akhir	Error! Bookmark not defined.
1.4 Manfaat Tugas Akhir	Error! Bookmark not defined.
1.5 Batasan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.6 Metodologi Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.7 Sistematika Penulisan	Error! Bookmark not defined.
BAB II LANDASAN TEORI	Error! Bookmark not defined.
2.1 Suara	Error! Bookmark not defined.
2.2 <i>Speech Recognition</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3 <i>Machine Learning</i>	Error! Bookmark not defined.
2.4 <i>Neural Network</i>	Error! Bookmark not defined.
2.5 <i>Artificial Neural Network</i>	Error! Bookmark not defined.
2.5.1 <i>Activation Function</i>	Error! Bookmark not defined.
2.5.2 <i>Metrics</i>	Error! Bookmark not defined.
2.5.3 <i>Arsitektur Artificial Neural Network</i> Error! Bookmark not defined.	Error! Bookmark not defined.
2.6 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	Error! Bookmark not defined.
2.6.1 <i>Convolutional Layer</i>	Error! Bookmark not defined.
2.6.2 <i>Pooling Layer</i>	Error! Bookmark not defined.
2.6.3 <i>Fully Connected Layer</i>	Error! Bookmark not defined.
2.6.4 <i>Dropout</i>	Error! Bookmark not defined.
2.7 <i>Tensorflow</i>	Error! Bookmark not defined.
2.8 <i>Mel-Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC)</i> Error! Bookmark not defined.	Error! Bookmark not defined.
2.8.1 <i>Proses Pre-Emphasis</i>	Error! Bookmark not defined.
2.8.2 <i>Proses Framing</i>	Error! Bookmark not defined.
2.8.3 <i>Proses Windowing</i>	Error! Bookmark not defined.
2.9 <i>Dataset</i>	Error! Bookmark not defined.
2.10 <i>Adam Optimizer</i>	Error! Bookmark not defined.
2.11 <i>Epoch</i>	Error! Bookmark not defined.
2.12 <i>Overfitting</i>	Error! Bookmark not defined.
2.13 <i>Underfitting</i>	Error! Bookmark not defined.
2.14 <i>Waveform Audio (WAV)</i>	Error! Bookmark not defined.
2.14.1 <i>Sample Rate</i>	Error! Bookmark not defined.

2.14.2	<i>Resample</i>	Error! Bookmark not defined.
2.14.3	<i>Noise</i>	Error! Bookmark not defined.
2.14.4	<i>Spectogram</i>	Error! Bookmark not defined.
2.15	Teknologi yang Digunakan.....	Error! Bookmark not defined.
2.15.1	Bahasa Pemrograman <i>Python</i> ...	Error! Bookmark not defined.
2.15.2	<i>Command Line Interface</i> (CLI)	Error! Bookmark not defined.
2.15.3	<i>Notebook</i>	Error! Bookmark not defined.
2.15.4	<i>Version Control System</i> (VCS)	Error! Bookmark not defined.
2.16	Metodologi Pengembangan Perangkat Lunak	Error! Bookmark not defined.
2.17	Penelitian dan Aplikasi Terkait.....	Error! Bookmark not defined.
BAB III ANALISIS		Error! Bookmark not defined.
3.1	Identifikasi Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
3.2	Analisis Variabel <i>Output</i>	Error! Bookmark not defined.
3.3	Metode Analisis <i>Dataset</i>	Error! Bookmark not defined.
3.4	Analisis Sampel <i>Audio</i>	Error! Bookmark not defined.
3.5	Pengumpulan <i>Dataset</i>	Error! Bookmark not defined.
3.6	Pengolahan <i>Dataset</i>	Error! Bookmark not defined.
3.6.1	Melakukan <i>Resample</i> Berkas <i>Audio</i>	Error! Bookmark not defined.
3.6.2	Mengekstrak Fitur Sampel <i>Audio</i>	Error! Bookmark not defined.
3.6.3	Melakukan <i>Filter</i> Terhadap Sampel <i>Audio</i>	Error! Bookmark not defined.
3.6.4	Menyimpan Hasil Pengolahan <i>Dataset</i>	Error! Bookmark not defined.
3.7	Analisis <i>Neural Network</i>	Error! Bookmark not defined.
3.8	Spesifikasi Persyaratan	Error! Bookmark not defined.
3.8.1	Persyaratan Fungsional.....	Error! Bookmark not defined.
3.8.2	Persyaratan Non-Fungsional	Error! Bookmark not defined.
BAB IV PERANCANGAN		Error! Bookmark not defined.
4.1	Rancangan Arsitektur Aplikasi	Error! Bookmark not defined.
4.2	Rancangan Proses Modul Ekstraksi Sampel <i>Audio</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3	Rancangan Proses Pengenalan Ucapan....	Error! Bookmark not defined.
4.4	Rancangan Modul <i>Neural Network</i>	Error! Bookmark not defined.
4.5	Rancangan Modul Pelatihan <i>Neural Network</i>	Error! Bookmark not defined.
4.6	Rancangan Modul Pengujian <i>Neural Network</i>	Error! Bookmark not defined.
4.7	Lingkungan Pengujian	Error! Bookmark not defined.
4.8	Rancangan Antarmuka.....	Error! Bookmark not defined.
BAB V IMPLEMENTASI.....		Error! Bookmark not defined.
5.1	Lingkungan Implementasi	Error! Bookmark not defined.
5.2	Implementasi Modul Program	Error! Bookmark not defined.
5.2.1	Modul Ekstraksi Sampel <i>Audio</i>	Error! Bookmark not defined.
5.2.2	Modul <i>Neural Network</i>	Error! Bookmark not defined.

5.2.3 Modul Pelatihan Model *Neural Network***Error! Bookmark not defined.**

BAB VI PENGUJIAN	Error! Bookmark not defined.
6.1 Tujuan Pengujian	Error! Bookmark not defined.
6.2 Kriteria Pengujian	Error! Bookmark not defined.
6.3 Kasus Pengujian.....	Error! Bookmark not defined.
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.
7.1 Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
7.2 Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Git Commands</i> [43]	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.2 Simbol-simbol <i>Flowchart</i> [47].....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.3 Perbandingan Penelitian Terkait	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.1 Definisi Operasi Variabel.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.2 Label untuk <i>Dataset</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.3 <i>Dataset</i> Detail	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.4 Partisi <i>Dataset</i> Sebelum <i>Filter</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.5 Partisi <i>Dataset</i> Setelah <i>Filter</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.6 Partisi <i>Dataset</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.1 Contoh Output <i>Softmax Activation Function</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.2 Modul Pelatihan <i>Neural Network</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.3 Pengujian Modul Program	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.4 Pengujian Performa Model <i>Neural Network</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.5 Spesifikasi Perangkat Keras.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5.1 Kebutuhan Sistem	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5.2 Modul Ekstraksi Sampel <i>Audio</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5.3 Modul <i>Neural Network</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5.4 Pelatihan Model <i>Neural Network</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6.1. Pengujian Modul Ekstraksi Sampel <i>Audio</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6.2. Pengujian Modul <i>Neural Network</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6.3 Pengujian Modul Pelatihan <i>Neural Network</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6.4 Hubungan Jumlah <i>Epoch</i> Terhadap Performa Model.	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6.5 Akurasi Validasi Pada Setiap <i>Epoch</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6.6 Hubungan Jumlah <i>Layer</i> CNN Terhadap Performa Model	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6.7 Akurasi dan <i>Loss</i> Validasi Pada Setiap <i>Layer</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6.8 Pengujian <i>Dataset Test Set</i> Terhadap Model <i>Neural Network</i>	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Perceptron</i> [12].....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.2 Struktur <i>Neuron</i> pada Otak Manusia [13]	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.3 <i>Sigmoid Activation Function Graph</i> [16]	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.4 <i>Softmax Activation Function</i> [19]	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.5 <i>ReLu Activation Function</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.6 Efek <i>Noise</i> pada Sinyal [37].....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.7 Visualisasi Sinyal dalam Bentuk <i>Spectrogram</i> [38].	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.8. <i>Command Line Interface</i> Pada Sistem Operasi Windows	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.1 Visualisasi Sampel <i>Audio</i> MFCC.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 2 <i>Resample Graph</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.3 <i>Output Audio Sample Spectrogram</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 4 Sampel yang Dieleminasi.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.5 Visualisasi Sampel <i>Audio</i> Yang Tidak Seragam.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.1. Rancangan Arsitektur Aplikasi	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.2 Proses Ekstraksi Sampel <i>Audio</i> dengan MFCC	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.3 Alur Proses Pengenalan Ucapan	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.4 <i>Flowchart Layer Neural Network</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.5 Rancangan <i>Neural Network</i> berbasis CNN.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 5.1 Proses Pelatihan Model <i>Neural Network</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 6.1 Proses Ekstraksi Sampel <i>Audio</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 6.2 <i>Array</i> Hasil Ekstraksi <i>Audio</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 6.3 <i>Spectrogram Audio</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 6.4 <i>Summary</i> Model <i>Neural Network</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 6.5 Grafik Perbandingan Akurasi dan <i>Loss</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 6.6 <i>Confusion Matrix</i>	Error! Bookmark not defined.

