



## **SKRIPSI**

# **IMPLEMENTASI CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) UNTUK KLASIFIKASI EMOSI DALAM LAGU INSTRUMENTAL BERDASARKAN FITUR AUDIO**

**FREDRIK SAHALATUA PAKPAHAN**

NPM 21081010195

## **DOSEN PEMBIMBING**

M. Muharrom Al Haromainy, S.Kom., M.Kom.

Budi Mukhamad Mulyo, S.Kom., M.T.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
PROGRAM STUDI INFORMATIKA  
SURABAYA  
2025**

## LEMBAR PENGESAHAN

### IMPLEMENTASI CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) UNTUK KLASIFIKASI EMOSI DALAM LAGU INSTRUMENTAL BERDASARKAN FITUR AUDIO

Oleh:

Fredrik Sahalatua Pakpahan

NPM. 21081010195

Telah dipertahankan dihadapan dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi Prodi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur Pada Tanggal 26 November 2025

**M. Muharrom Al Haromainy, S.Kom., M.Kom.**

NIP. 19950601 202203 1 006



(Pembimbing I)

**Budi Mukhamad Mulyo, S.Kom., M.T.**

NIP. 19891118 202406 1 003



(Pembimbing II)

**Dr. Rizky Parlika, S.Kom., M.Kom.**

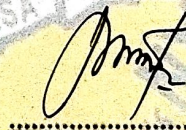
NIP. 19840518 202121 1 003



(Ketua Penguji)

**Achmad Junaidi, S.Kom., M.Kom.**

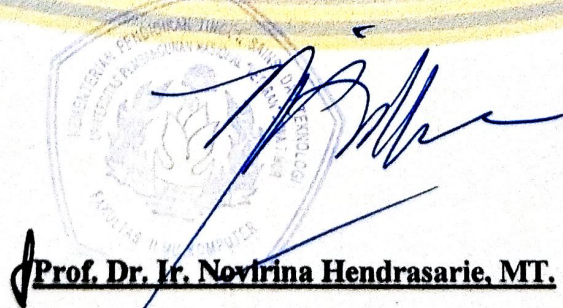
NIP. 19781110 202521 1 048



(Anggota Penguji)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Ilmu Komputer



**Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT.**

NIP. 19681126 199403 2 001

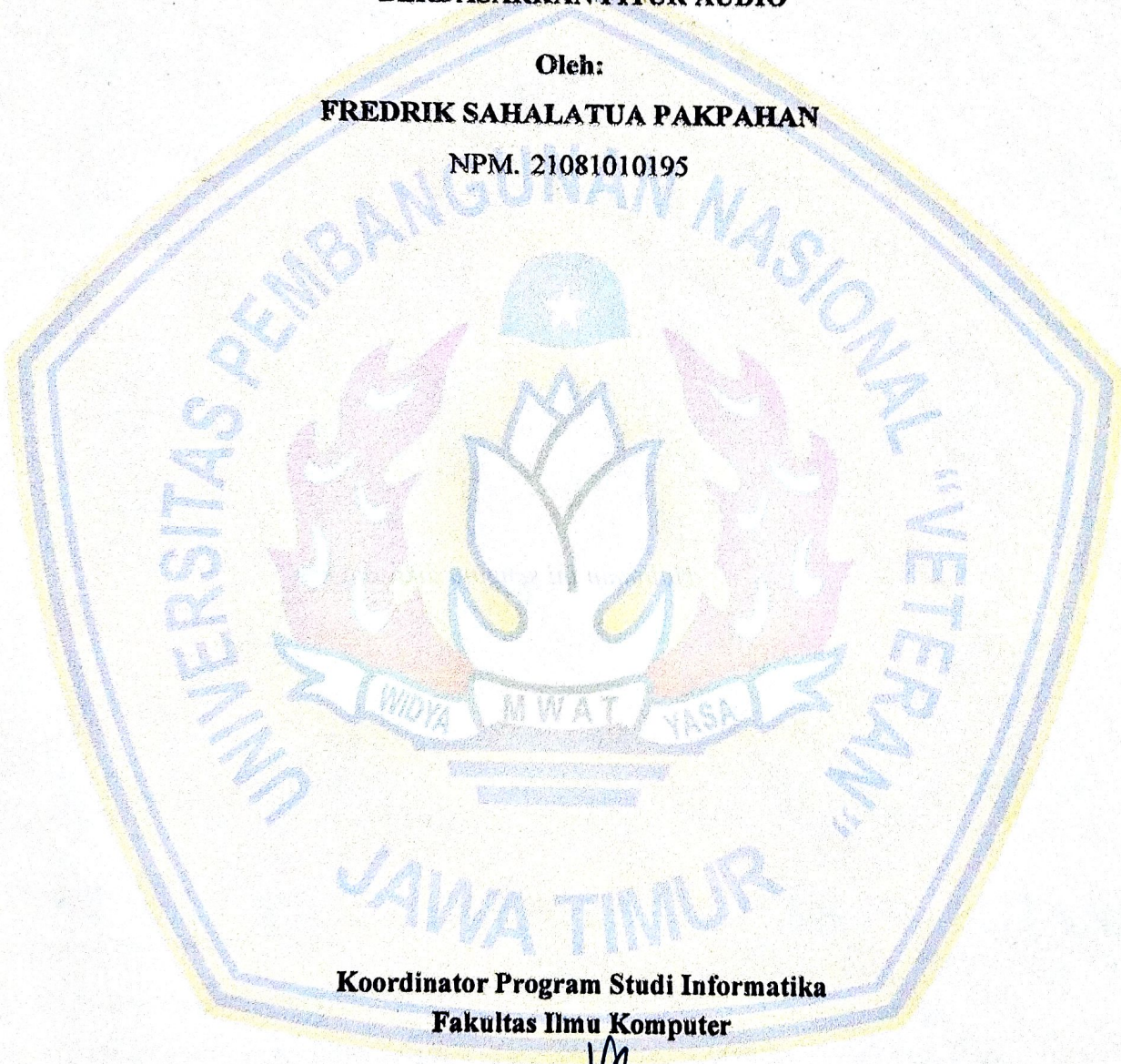
**LEMBAR PERSETUJUAN**

**IMPLEMENTASI CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)  
UNTUK KLASIFIKASI EMOSI DALAM LAGU INSTRUMENTAL  
BERDASARKAN FITUR AUDIO**

**Oleh:**

**FREDRIK SAHALATUA PAKPAHAN**

**NPM. 21081010195**



**Koordinator Program Studi Informatika  
Fakultas Ilmu Komputer**

**Fetty Tri Anggraeny, S.Kom. M.Kom  
NIP. 19820211 202121 2 005**

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Fredrik Sahalatua Pakpahan  
Program Studi : Informatika  
Dosen Pembimbing : 1. M. Muharrom Al Haromainy, S.Kom., M.Kom.  
2. Budi Mukhamad Mulyo, S.Kom., M.T.

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 3 Desember 2025

Yang Membuat Pernyataan,



Fredrik Sahalatua Pakpahan

NPM. 21081010195

## ABSTRACT

Student Name / NPM : Fredrik Sahalatua Pakpahan / 21081010195

Thesis Title : Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) Untuk Klasifikasi Emosi Dalam Lagu Instrumental Berdasarkan Fitur Audio

Advisors : 1. Muhammad Muharrom Al Haromainy, S.Kom., M.Kom.  
2. Budi Mukhamad Mulyo, S.Kom., M.T.

Music is a powerful medium for conveying emotions, yet automatically classifying musical emotions remains challenging due to the complexity of audio structures and the wide variability of emotional expression. This study aims to develop and evaluate a Convolutional Neural Network (CNN)-based method for classifying musical emotions using audio features. The DEAM (Database for Emotional Analysis of Music) dataset is employed, providing valence and arousal annotations for thousands of songs. Feature extraction is carried out through several signal-processing stages including pre-emphasis, windowed framing, Fourier transform, mel filter bank, logarithmic compression, and Discrete Cosine Transform to produce Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC). Multiple feature configurations are evaluated, such as MFCC (13, 24, and 30 coefficients), mel-spectrograms, and pitch-shifting augmentation. Results show that the CNN effectively captures emotional patterns in music, particularly for majority classes, achieving 63–66% accuracy for 4-quadrant valence–arousal classification and improving significantly to 77% when simplified to a 2-quadrant task. However, performance on minority classes remains low due to severe class imbalance and the limitations of MFCC in representing subtle emotional nuances. These findings indicate that CNN is effective for audio-based emotion classification, especially within simplified emotional spaces, and they provide a foundation for future development of more robust and accurate music emotion recognition systems.

**Keywords:** Music Emotion, Convolutional Neural Network (CNN), MFCC, Mel-Spectrogram, Audio Feature Extraction, Valence–Arousal, Deep Learning, DEAM Dataset.

## ABSTRAK

Nama Mahasiswa / NPM : Fredrik Sahalatua Pakpahan / 21081010195

Judul Skripsi : Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) Untuk Klasifikasi Emosi Dalam Lagu Instrumental Berdasarkan Fitur Audio

Dosen Pembimbing : 1. Muhammad Muharrom Al Haromainy, S.Kom., M.Kom.  
2. Budi Mukhamad Mulyo, S.Kom., M.T.

Musik merupakan media yang kuat dalam menyampaikan emosi, namun klasifikasi emosi secara otomatis menjadi tantangan karena kompleksitas struktur audio dan besarnya variasi emosi yang direpresentasikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi metode klasifikasi emosi musik menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) berbasis fitur audio. Dataset yang digunakan adalah DEAM (Database for Emotional Analysis of Music), yang menyediakan anotasi valence dan arousal pada ribuan lagu. Proses ekstraksi fitur dilakukan melalui serangkaian tahap pemrosesan sinyal, termasuk pre-emphasis, windowed framing, Fourier transform, mel filter bank, kompresi logaritmik, serta Discrete Cosine Transform untuk menghasilkan Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC). Penelitian ini mengevaluasi beberapa konfigurasi fitur, seperti MFCC (13, 24, dan 30 koefisien), mel-spectrogram, serta augmentasi pitch shifting. Hasil penelitian menunjukkan bahwa CNN mampu menangkap pola emosional musik terutama pada kelas mayoritas, dengan akurasi 63–66% untuk klasifikasi 4 kuadran valence–arousal dan meningkat signifikan menjadi 77% pada klasifikasi 2 kuadran. Namun, performa pada kelas minoritas tetap rendah akibat ketidakseimbangan dataset dan keterbatasan fitur MFCC dalam merepresentasikan emosi musik yang lebih halus. Temuan ini mengindikasikan bahwa CNN efektif untuk klasifikasi emosi berbasis fitur audio, terutama pada ruang emosi yang disederhanakan, serta memberikan dasar bagi pengembangan sistem analisis emosi musik yang lebih akurat di masa depan.

**Kata Kunci:** Emosi Musik, Convolutional Neural Network (CNN), MFCC, Mel-Spectrogram, Ekstraksi Fitur Audio, Valence–Arousal, Deep Learning, DEAM Dataset.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, dan kemudahan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul **“Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) Untuk Klasifikasi Emosi Dalam Lagu Instrumental Berdasarkan Fitur Audio”**. Karya ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Perjalanan pada titik ini, bukanlah akhir dari sesuatu, melainkan awal yang baru untuk sesuatu yang lebih besar. Berkumpul bersama teman, ngoding 12 jam tanpa henti, kerja rodi karena skill issue, merupakan hal yang indah yang bisa dirasakan. Namun karena dukungan dan dampak dari segala pihak, maka bisa sampai pada titik ini untuk menyelesaikan final boss akhir ini.

Terima kasih yang mendalam dan tulus penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, M.T. – Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Fetty Tri Anggraeny, S.Kom., M.Kom. – Ketua Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak Muhammad Muharrom Al Haromainy, S.Kom., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing I yang telah senantiasa memberikan waktu, perhatian, dan saran dalam membimbing serta mengarahkan penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Budi Mukhamad Mulyo, S.Kom., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah menyediakan waktu, energi, dan ide dalam membimbing serta memberikan saran kepada penulis selama pelaksanaan tugas akhir ini.
5. Keluarga saya, yang telah memberikan saya peluang untuk bisa berkuliah, mendukung saya selama hidup, serta membimbing penulis dikala suka maupun duka. Terlebih lagi untuk Ayah dan Mama penulis, Makmur Pakpahan dan Flora Napitupulu yang telah senantiasa membesarkan penulis sedari kecil hingga sekarang, dengan segala keluh kesa mereka yang mereka alami.

6. Kepada Pelean Alexander Jonas Sitompul yang telah menjadi kawan kumpul dari awal hingga saat ini, berbagi cerita, suka, maupun duka, menjadi tempat berbagi tawa serta bersedia memberikan saran-sarannya.
7. Sahabat dan teman-teman seperjuangan yang telah mendukung penulis, bersama-sama menjalani kehidupan perkuliahan dan yang telah memberikan pengalaman yang tidak akan pernah dilupakan. Penulis tidak akan pernah berkata "Sampai Jumpa", karena yakin pasti suatu saat kita pasti akan bertemu kembali.
8. Kepada PT. Molca Teknologi Nusantara yang telah menjadi tempat untuk bisa belajar hal-hal baru, serta memberikan fasilitas pendukung agar bisa menyelesaikan sampai tahap ini.

Penulis menyadari skripsi ini jauh dari kata sempurna, namun berharap dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi banyak pihak dan penelitian di masa yang akan datang. Perjalanan dan pengalaman ini tidak lepas dari orang-orang disekitar yang disadari maupun yang tidak disadari, maka dari itu semoga hal ini bisa terus hidup seiring berjalannya waktu. "Memento mori"

Surabaya, 3 Desember 2025



Fredrik Sahalatua Pakpahan

NPM. 21081010195

## DAFTAR ISI

|                                             |             |
|---------------------------------------------|-------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>              | <b>i</b>    |
| <b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>             | <b>iii</b>  |
| <b>SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT .....</b> | <b>v</b>    |
| <b>ABSTRAK .....</b>                        | <b>vii</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>                       | <b>ix</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                  | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                      | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                   | <b>xvi</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                   | <b>xix</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>               | <b>1</b>    |
| 1.1    Latar Belakang .....                 | 1           |
| 1.2    Rumusan Masalah .....                | 3           |
| 1.3    Batasan Masalah.....                 | 3           |
| 1.4    Tujuan Penelitian.....               | 4           |
| 1.5    Manfaat Penelitian.....              | 4           |
| <b>BAB II LITERATURE REVIEW .....</b>       | <b>5</b>    |
| 2.1    Review Penelitian Sebelumnya .....   | 5           |
| 2.2    Dasar Teori.....                     | 8           |
| 2.2.1    Mel-Frequency .....                | 9           |
| 2.2.2    Cepstral .....                     | 9           |
| 2.2.3    Cepstrum .....                     | 9           |
| 2.2.4    Quefreny .....                     | 10          |
| 2.2.5    Liftering .....                    | 10          |
| 2.2.6    Rhamonic .....                     | 11          |

|                                            |                                                    |           |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.7                                      | Machine Learning .....                             | 11        |
| 2.2.8                                      | Convolutional Neural Network (CNN).....            | 11        |
| 2.2.9                                      | Model Dimensi Emosi .....                          | 12        |
| 2.2.10                                     | Mel-Frequency Cepstral Coefficients .....          | 13        |
| 2.2.11                                     | Mel-spectrogram .....                              | 13        |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b> |                                                    | <b>15</b> |
| 3.1                                        | Tahapan Penelitian .....                           | 15        |
| 3.2                                        | Studi Literatur .....                              | 16        |
| 3.3                                        | Dataset.....                                       | 16        |
| 3.4                                        | Ekstraksi Fitur .....                              | 18        |
| 3.4.1                                      | Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) .....   | 18        |
| 3.4.2                                      | Mel-spectrogram .....                              | 19        |
| 3.4.3                                      | Pre-emphasis .....                                 | 20        |
| 3.4.4                                      | Windowed Framing .....                             | 22        |
| 3.4.5                                      | Fourier Transform.....                             | 24        |
| 3.4.6                                      | Mel-Filter Bank.....                               | 25        |
| 3.4.7                                      | Logarithmic Compression.....                       | 26        |
| 3.4.8                                      | Discrete Cosine Transform (DCT).....               | 27        |
| 3.5                                        | Perancangan model CNN .....                        | 29        |
| 3.6                                        | Pelatihan Model CNN .....                          | 32        |
| 3.7                                        | Evaluasi Model CNN .....                           | 33        |
| 3.8                                        | Skenario Uji Coba .....                            | 34        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>   |                                                    | <b>36</b> |
| 4.1                                        | Akuisisi Data .....                                | 36        |
| 4.2                                        | Implementasi Metode Ekstraksi Fitur Audio .....    | 36        |
| 4.2.1                                      | Persiapan data audio dan penentuan parameter ..... | 37        |

|                             |                                                           |            |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------|------------|
| 4.2.2                       | Proses ekstraksi MFCC.....                                | 42         |
| 4.2.3                       | Proses ekstraksi mel-spectrogram.....                     | 50         |
| 4.2.4                       | Proses ekstraksi Delta-Delta MFCC Augmentasi.....         | 57         |
| 4.3                         | Implementasi Metode CNN .....                             | 59         |
| 4.3.1                       | Model CNN untuk MFCC .....                                | 59         |
| 4.3.2                       | Model CNN untuk mel-spectrogram.....                      | 68         |
| 4.3.3                       | Model CNN untuk Delta-Delta MFCC Augmentasi .....         | 76         |
| 4.4                         | Pelatihan Model.....                                      | 78         |
| 4.5                         | Pengujian Model .....                                     | 80         |
| 4.5.1                       | Pengujian Model CNN untuk MFCC .....                      | 80         |
| 4.5.2                       | Pengujian Model CNN untuk Mel-spectrogram .....           | 94         |
| 4.5.3                       | Pengujian Model CNN untuk Delta-Delta MFCC Augmentasi.... | 106        |
| 4.5.4                       | Pengujian Model CNN untuk MFCC dengan 2 kuadran .....     | 110        |
| 4.6                         | Analisis Hasil .....                                      | 119        |
| 4.7                         | Hasil Validasi Reliabilitas Anotasi .....                 | 123        |
| <b>BAB V</b>                | <b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                         | <b>131</b> |
| 5.1                         | Kesimpulan.....                                           | 131        |
| 5.2                         | Saran.....                                                | 132        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b> |                                                           | <b>134</b> |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 3.1 Data Arousal Setiap Lagu dari Setiap Sampel.....                                     | 17 |
| Tabel 3.2 Data Valence Setiap Lagu dari Setiap Sampel .....                                    | 17 |
| Tabel 3.3 Tabel Metriks Evaluasi Regression .....                                              | 33 |
| Tabel 3.4 Tabel Penjelasan Confusion Matrix.....                                               | 34 |
| Tabel 4.1 Kode Program Input Audio menggunakan librosa .....                                   | 39 |
| Tabel 4.2 Proses Ekstraksi Fitur Audio (MFCC).....                                             | 42 |
| Tabel 4.3 Bentuk dari matriks MFCC.....                                                        | 43 |
| Tabel 4.4 Kode Program Segmentasi Audio.....                                                   | 43 |
| Tabel 4.5 Hasil Segmentasi dan Ekstraksi Fitur MFCC 13 Koefisien .....                         | 44 |
| Tabel 4.6 Proses Ekstraksi Fitur Audio Mel-spectrogram.....                                    | 50 |
| Tabel 4.7 Hasil Bentuk Matrisk Mel-spectrogram .....                                           | 50 |
| Tabel 4.8 Segmentasi Audio yang sama seperti MFCC dan Mel-Spectrogram.....                     | 51 |
| Tabel 4.9 Kode Implementasi Delta-Delta MFCC .....                                             | 57 |
| Tabel 4.10 Proses Augmentasi Data dengan Pitch Shifting.....                                   | 58 |
| Tabel 4.11 Proses Loading Data dan Ekstraksi Fitur MFCC.....                                   | 59 |
| Tabel 4.12 Kode Pembagian Dataset menjadi Training, Validation, dan Testing.....               | 61 |
| Tabel 4.13 Penyusunan Data Training, Validation, dan Testing untuk MFCC .....                  | 62 |
| Tabel 4.14 Pembuatan Custom Dataset Class dan DataLoader untuk Batch Processing .....          | 63 |
| Tabel 4.15 Inisialisasi MinMaxScaler .....                                                     | 64 |
| Tabel 4. 16 Output Dimensi Dataset Setelah Pembagian dan Normalisasi .....                     | 65 |
| Tabel 4.17 Implementasi Arsitektur CNN dengan 4 Blok Konvolusi dan Global Average Pooling..... | 66 |
| Tabel 4.18 Proses Loading Data dan Ekstraksi Fitur Mel-spectrogram .....                       | 68 |
| Tabel 4.19 Pembagian Dataset Training, Validation, dan Testing untuk Mel-spectrogram.....      | 70 |
| Tabel 4.20 Agregasi Segmen Audio dan Konversi ke Array untuk Input Model..                     | 71 |
| Tabel 4.21 Output Dimensi Dataset Mel-spectrogram Setelah Pembagian.....                       | 72 |
| Tabel 4.22 Statistik Normalisasi Label Emosi Dataset.....                                      | 73 |
| Tabel 4.23 Arsitektur Model CNN untuk Ekstraksi Fitur Mel-spectrogram .....                    | 74 |

|                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 4.24 Arsitektur Model CNN untuk Ekstraksi Fitur Delta-Delta MFCC dan Augmentasi Pitch Shifting ..... | 76  |
| Tabel 4.25 Konfigurasi Loss Function, Optimizer, dan Learning Rate Scheduler                               | 78  |
| Tabel 4.26 Implementasi Training Loop dengan Early Stopping dan Model Checkpoint .....                     | 79  |
| Tabel 4.27 Hasil Perhitungan Confusion Matrix pada MFCC 13 Koefisien .....                                 | 83  |
| Tabel 4.28 Hasil Perhitungan Confusion Matrix pada MFCC 24 Koefisien .....                                 | 87  |
| Tabel 4.29 Hasil Perhitungan Confusion Matrix pada MFCC 30 Koefisien .....                                 | 93  |
| Tabel 4.30 Perhitungan Confusion Matrix untuk Mel-spectrogram 128 bins .....                               | 96  |
| Tabel 4.31 Perhitungan Confusion Matrix untuk Mel-spectrogram 256bins .....                                | 101 |
| Tabel 4.32 Perhitungan Confusion Matrix untuk Delta-Delta MFCC Augmentasi .....                            | 110 |
| Tabel 4.33 Perhitungan Confusion Matrix untuk MFCC pada kuadran Valence                                    | 113 |
| Tabel 4.34 Perhitungan Confusion Matrix untuk MFCC pada kuadran Arousal                                    | 118 |
| Tabel 4.35 Perbandingan Confusion Matrix Antar Skenario.....                                               | 119 |
| Tabel 4.36 Hasil Perhitungan Testing Untuk Semua Skenario.....                                             | 121 |
| Tabel 4.37 Observed Agreement untuk Arousal pada lagu 651 .....                                            | 124 |
| Tabel 4.38 Tabel Kontingensi Frekuensi Kategori per Segmen .....                                           | 125 |
| Tabel 4.39 Nilai Fleiss' Kappa Keseluruhan .....                                                           | 126 |
| Tabel 4.40 Fleiss' Kappa per lagu (arousal).....                                                           | 127 |
| Tabel 4.41 Fleiss' Kappa per lagu (valence) .....                                                          | 128 |
| Tabel 4.42 Distribusi Kategori Arousal .....                                                               | 129 |
| Tabel 4.43 Distribusi Kategori Valence.....                                                                | 129 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Thayer label emosi berdasarkan <i>valence</i> dan <i>arousal</i> .....   | 12 |
| Gambar 3.1 Alur Tahapan Penelitian.....                                             | 15 |
| Gambar 3.2 Tahapan Pengekstrakan Fitur MFCC.....                                    | 18 |
| Gambar 3.3 Tahapan Pengekstrakan Fitur Mel-spectrogram .....                        | 19 |
| Gambar 3.4 Ilustrasi Grafik Sinyal Audio .....                                      | 20 |
| Gambar 3.5 Ilustrasi Sinyal Audio yang telah di Pre-Emphasis.....                   | 21 |
| Gambar 3.6 Ilustrasi Sinyal Audio yang telah di Segmentasi.....                     | 23 |
| Gambar 3.7 Ilustrasi Sinyal Audio yang telah di Windowing .....                     | 24 |
| Gambar 3.8 Ilustrasi Sinyal Audio hasil dari FFT .....                              | 25 |
| Gambar 3.9 Ilustrasi Hasil Sinyal Audio dalam Skala Mel .....                       | 26 |
| Gambar 3.10 Ilustrasi Gambar Power Spectrum .....                                   | 27 |
| Gambar 3.11 Hasil dari Discrete Cosine Transform.....                               | 28 |
| Gambar 3.12 Ilustrasi Rhamonic Pertama pada Cepstrum Tertinggi .....                | 29 |
| Gambar 3.13 Arsitektur CNN dengan Ekstraksi Audio MFCC dan Mel-Spectrogram .....    | 30 |
| Gambar 4.1 Gambar gelombang sinyal audio untuk lagu dengan id 10 .....              | 40 |
| Gambar 4.2 Sinyal audio yang telah diterapkan FFT .....                             | 41 |
| Gambar 4.3 Hasil sinyal audio yang telah diterapkan FFT dalam segmen audio..        | 44 |
| Gambar 4.4 Hasil PSD pada segmen dalam sinyal audio .....                           | 45 |
| Gambar 4.5 Hasil dari logarithmic compression dari PSD.....                         | 46 |
| Gambar 4.6 Visualisasi penyebaran MFCC.....                                         | 47 |
| Gambar 4.7 Visualisasi hasil valence-arousal dalam aplikasi model thayer .....      | 49 |
| Gambar 4.8 Visualisasi dalam spectrogram dari log-compression.....                  | 52 |
| Gambar 4.9 Visualisasi hasil akhir dalam spectrogram.....                           | 54 |
| Gambar 4.10 Visualisasi audio dengan song_id 10 dalam spectrogram .....             | 56 |
| Gambar 4.11 Grafik Training Model MAE CNN dengan ekstraksi MFCC 13 Koefisien .....  | 80 |
| Gambar 4.12 Grafik Training Model Loss CNN dengan ekstraksi MFCC 13 Koefisien ..... | 81 |
| Gambar 4.13 Hasil Confusion Matrix CNN dengan MFCC 13 Koefisien .....               | 82 |

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.14 Grafik Training Model Loss CNN dengan ekstraksi MFCC 24 Koefisien ..... | 84  |
| Gambar 4.15 Grafik Training Model MAE CNN dengan ekstraksi MFCC 24 Koefisien .....  | 85  |
| Gambar 4.16 Hasil Confusion Matrix CNN dengan MFCC 24 Koefisien .....               | 86  |
| Gambar 4.17 Grafik Training Model Loss CNN dengan ekstraksi MFCC 30 Koefisien ..... | 89  |
| Gambar 4.18 Grafik Training Model MAE CNN dengan ekstraksi MFCC 30 Koefisien .....  | 90  |
| Gambar 4.19 Hasil Confusion Matrix CNN dengan MFCC 30 Koefisien .....               | 92  |
| Gambar 4.20 Grafik Model Loss dengan Ekstraksi Mel-Spectrogram 128 bins ..          | 94  |
| Gambar 4.21 Grafik Model MAE dengan Ekstraksi Mel-Spectrogram 128 bins ..           | 95  |
| Gambar 4.22 Hasil confusion matrix CNN dengan mel-spectrogram 128 bins ....         | 96  |
| Gambar 4.23 Grafik Model Loss dengan Ekstraksi Mel-Spectrogram 256 bins ..          | 98  |
| Gambar 4.24 Grafik Model MAE dengan Ekstraksi Mel-Spectrogram 256 bins ..           | 99  |
| Gambar 4.25 Hasil confusion matrix CNN dengan mel-spectrogram 256 bins ..           | 100 |
| Gambar 4.26 Grafik Model Loss dengan Ekstraksi Mel-Spectrogram 512 bins ..          | 103 |
| Gambar 4.27 Grafik Model MAE dengan Ekstraksi Mel-Spectrogram 512 bins ..           | 104 |
| Gambar 4.28 Hasil confusion matrix CNN dengan mel-spectrogram 512 bins ..           | 105 |
| Gambar 4.29 Hasil Grafik Model Loss untuk Delta, Delta MFCC Augmentasi ..           | 106 |
| Gambar 4.30 Hasil Model MAE untuk Delta-Delta MFCC Augmentasi .....                 | 107 |
| Gambar 4.31 Hasil Confusion Matrix untuk Delta-Delta MFCC Augmentasi ....           | 108 |
| Gambar 4.32 Grafik Model Loss dengan Ekstraksi MFCC 13 Koefisien 2 Kuadran .....    | 111 |
| Gambar 4.33 Grafik Model MAE dengan Ekstraksi MFCC 13 Koefisien 2 Kuadran .....     | 112 |
| Gambar 4.34 Hasil confusion matrix untuk 2 kuadran valence .....                    | 113 |
| Gambar 4.35 Grafik Model Loss (arousal) untuk MFCC dengan 2 Kuadran .....           | 115 |
| Gambar 4.36 Grafik Model MAE (arousal) untuk MFCC dengan 2 Kuadran ....             | 116 |
| Gambar 4.37 Hasil confusion matrix untuk 2 kuadran arousal .....                    | 117 |