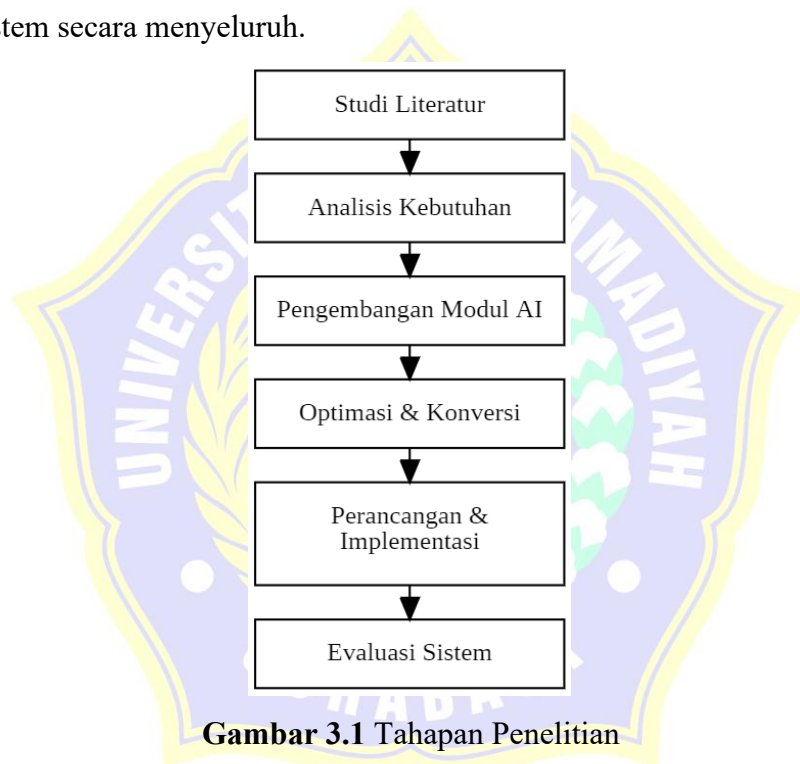


BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini disusun secara sistematis dengan mengintegrasikan pengembangan model kecerdasan buatan dan rekayasa perangkat lunak. Penelitian dimulai dari penguatan landasan teori, dilanjutkan dengan analisis kebutuhan sistem, pengembangan modul kecerdasan buatan, hingga implementasi aplikasi pada perangkat mobile. Model pengembangan yang digunakan adalah Incremental Model, yang memungkinkan setiap komponen divalidasi sebelum diintegrasikan ke dalam sistem secara menyeluruh.



Alur tahapan penelitian secara umum ditunjukkan pada **Gambar 3.1** Tahapan Penelitian, sedangkan deskripsi aktivitas dan luaran pada setiap tahapan disajikan pada **Tabel 3.1** Tabel Deskripsi Tahapan Penelitian.

Tabel 3.1 Tabel Deskripsi Tahapan Penelitian

No	Tahapan	Aktivitas Utama	Output
1	Studi Literatur	Kajian mendalam terkait ekspresi wajah, CNN (MobileNetV2), TensorFlow Lite, regulasi emosi, Chat AI, dan data cuaca.	Landasan Teori
2	Analisis Kebutuhan	Identifikasi kebutuhan fungsional berdasarkan literatur, penentuan spesifikasi	Dokumen Spesifikasi

		dataset wajah, dan pemilihan API pendukung (Gemini & Weather).	
3	Pengembangan Modul AI	<i>Preprocessing</i> dataset, pelatihan (<i>training</i>) model CNN untuk deteksi emosi wajah, dan perancangan logika rekomendasi audio.	Model ML (.h5 / Weights)
4	Optimasi & Konversi	Proses konversi model ke format TensorFlow Lite (.tflite) agar efisien dijalankan secara <i>on-device</i> pada perangkat Android.	File Model TFLite
5	Perancangan & Implementasi	Pemodelan UML, desain UI/UX, pengkodean aplikasi, serta integrasi model TensorFlow Lite dan API layanan pendukung ke dalam platform mobile.	Prototype Aplikasi
6	Evaluasi Sistem	Pengujian menyeluruh yang mencakup: Kinerja teknis model, Validasi Sistem Pakar terhadap logika rekomendasi, serta Pengujian Pengalaman Subjektif pengguna.	Laporan Evaluasi Akhir

Dengan pembagian tahapan seperti ini, proses penelitian dapat dilakukan secara sistematis dan terarah, sekaligus memastikan bahwa integrasi modul kecerdasan buatan ke dalam aplikasi mobile dapat berjalan efektif dan sesuai tujuan penelitian.








3.2 Pengumpulan Data

Data penelitian terdiri atas dua sumber utama, yaitu dataset citra ekspresi wajah dan koleksi audio relaksasi. Selain itu, literatur ilmiah digunakan sebagai bahan pendukung analisis dalam pengembangan model dan sistem rekomendasi audio.

3.2.1 Dataset Citra Ekspresi Wajah

Dataset citra ekspresi wajah digunakan sebagai data utama untuk pelatihan dan pengujian model deteksi emosi berbasis *deep learning*. Dataset diperoleh dari beberapa sumber publik yang menyediakan citra wajah dengan tujuh kelas ekspresi dasar, yaitu *angry*, *disgust*, *fear*, *happy*, *neutral*, *sad*, dan *surprise*. Pemilihan dataset dilakukan dengan mempertimbangkan variasi ekspresi, jumlah data yang memadai, serta keterpakaiannya dalam penelitian deteksi emosi sebelumnya.

Tabel 3.2 Contoh Sampel Dataset 7 Ekspresi

Angry	Disgust	Fear	Happy	Neutral	Sad	Surprise
						

Penggunaan tujuh kelas ekspresi didasarkan pada landasan teoritis emosi dasar yang bersifat universal. Menurut (Matsumoto, 1992), emosi dasar memiliki pola ekspresi wajah yang dapat dibedakan secara biologis dan muncul secara konsisten lintas budaya. Secara empiris. Temuan tersebut diperkuat oleh (Matsumoto, 2004), yang menyatakan bahwa ekspresi tersebut memiliki dasar fisiologis dan bukti antropologis yang konsisten. Secara empiris, penelitian (Huang et al., 2009) menunjukkan bahwa tujuh kategori emosi dapat direpresentasikan sebagai faktor independen pada analisis ekspresi wajah.

Sumber Dataset Citra Ekspresi Wajah:

1. FER2013 - Kaggle:
<https://www.kaggle.com/datasets/msambare/fer2013>
2. Face Expression Recognition Dataset - Kaggle:
<https://www.kaggle.com/datasets/jonathanoheix/face-expression-recognition-dataset>
3. Facial Emotion Recognition -Roboflow:
<https://universe.roboflow.com/uni-o612z/facial-emotion-recognition>

Tabel 3.3 Jumlah Dataset Ekspresi Untuk Training

No	Ekspresi	Jumlah Dataset
1	Angry	5.086
2	Disgust	2.738
3	Fear	5.202
4	Happy	9.145
5	Neutral	6.215
6	Sad	6.269
7	Surprise	4.285

Jumlah total dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah 38.940 citra, yang diambil dari berbagai dataset publik dan telah melalui proses preprocessing agar sesuai dengan kebutuhan arsitektur model deteksi emosi.

3.2.2 Koleksi Audio Relaksasi

Audio relaksasi yang digunakan dalam sistem rekomendasi terdiri atas suara alam dan musik instrumental, seperti hujan, ombak, sungai, angin, dan burung. Seluruh audio diperoleh dari sumber bebas hak cipta sehingga dapat digunakan dalam penelitian dan implementasi aplikasi.

Sumber Audio Relaksasi:

1. Pixabay Free Sounds:
<https://pixabay.com/sound-effects/>
2. Mixkit Free Sound Effects:
<https://mixkit.co/free-sound-effects/>

Audio yang digunakan berada pada rentang frekuensi 100–1000 Hz, yang umum digunakan dalam terapi relaksasi pasif karena memberikan efek menenangkan tanpa memerlukan interaksi aktif dari pengguna.

3.2.3 Data Kontekstual Berbasis API

Untuk mendukung fitur pendukung aplikasi, digunakan data dari penyedia layanan pihak ketiga melalui antarmuka pemrograman aplikasi (API):

1. Data Cuaca: Diperoleh melalui OpenWeatherMap API secara real-time untuk menyesuaikan atmosfer antarmuka dan rekomendasi kontekstual.
2. Data Percakapan (LLM): Menggunakan Gemini API sebagai basis data pengetahuan untuk asisten percakapan cerdas yang berfungsi sebagai media ventilasi emosi pengguna.

3.2.4 Instrumen Pengujian Pengalaman Subjektif

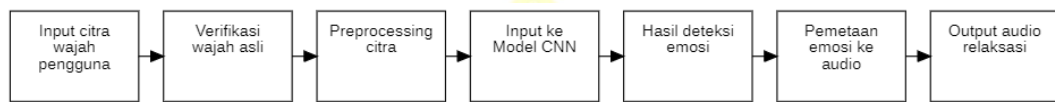
Data untuk tahap evaluasi sistem dikumpulkan melalui instrumen kuesioner yang dirancang untuk mengukur persepsi pengguna mahasiswa Generasi Z.

1. Data Responden: Melibatkan mahasiswa aktif (Generasi Z) sebagai partisipan uji coba.

2. Skala Pengukuran: Menggunakan kuesioner berbasis Skala Likert (1-5) untuk mengukur variabel kenyamanan, kemudahan penggunaan (usability), dan persepsi efek relaksasi.

3.3 Pengolahan Data

Tahap pengolahan data bertujuan menyiapkan dataset sebelum digunakan dalam pelatihan model deteksi ekspresi wajah serta penyusunan dasar logika rekomendasi audio. Proses ini mencakup *data preparation*, pelatihan model, evaluasi awal, dan penyiapan model agar siap diintegrasikan ke dalam aplikasi mobile.



Gambar 3.2 Flowchart Pengolahan Data

Alur pengolahan data ditunjukkan pada **Gambar 3.2** Flowchart Pengolahan Data, yang menggambarkan proses mulai dari input citra wajah hingga dihasilkan model CNN dalam format TensorFlow Lite. Tahapan pengolahan data meliputi langkah-langkah berikut.

1. Verifikasi Kelayakan Data

Seluruh citra wajah diperiksa untuk memastikan kualitas data, meliputi keberadaan wajah, pencahayaan, ketajaman gambar, dan validitas sumber. Tahap ini bertujuan mengurangi noise dan meningkatkan reliabilitas dataset.

2. Preprocessing Dataset Citra

Dataset diproses agar sesuai dengan kebutuhan arsitektur MobileNetV2. Tahapan *preprocessing* meliputi penyesuaian ukuran citra menjadi 224×224 piksel, normalisasi nilai piksel, serta augmentasi citra seperti rotasi, *flip*, dan *zoom*.

3. Pelatihan Model Menggunakan MobileNetV2

Pelatihan model dilakukan menggunakan arsitektur MobileNetV2 dengan pendekatan *transfer learning*. Proses pelatihan terdiri atas dua tahap, yaitu *initial training* dengan pembekuan lapisan dasar dan *fine-tuning* dengan

membuka sebagian lapisan untuk meningkatkan kemampuan klasifikasi tujuh kelas emosi.

4. Evaluasi Awal Model

Model yang telah dilatih dievaluasi menggunakan metrik akurasi, *loss*, *precision*, *recall*, *F1-score*, serta *confusion matrix*. Evaluasi ini digunakan untuk memastikan model memiliki performa awal yang memadai sebelum tahap optimasi dan konversi.

5. Konversi ke TensorFlow Lite

Model dengan performa yang memenuhi kriteria kemudian dikonversi ke format TensorFlow Lite agar dapat dijalankan secara efisien pada perangkat mobile melalui mekanisme *on-device inference*.

6. Penyusunan Pemetaan Emosi ke Audio

Disusun kerangka dasar pemetaan antara emosi yang terdeteksi dengan jenis audio relaksasi berdasarkan literatur psikologi dan terapi musik. Pemetaan ini berfungsi sebagai dasar konseptual bagi pengembangan mekanisme rekomendasi audio.

7. Pengolahan Instruksi Chat AI

Selain data citra, dilakukan perancangan instruksi (*prompting*) untuk Gemini API guna membentuk asisten virtual yang bersifat empatik, tenang, dan mendukung proses relaksasi berdasarkan emosi pengguna.

Setelah tahap pengolahan data selesai, model CNN dalam format TensorFlow Lite serta kerangka pemetaan relaksasi siap digunakan pada tahap perancangan dan implementasi sistem.

3.4 Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian ini dibangun berdasarkan tiga modul utama, yaitu modul deteksi emosi, modul rekomendasi audio relaksasi, dan modul interaksi serta antarmuka pengguna. Setiap modul dirancang agar dapat saling terintegrasi dalam membentuk aplikasi relaksasi berbasis deteksi emosional.

1. Modul Deteksi Emosi (On-Device)

Modul deteksi emosi dirancang untuk memproses citra wajah pengguna melalui kamera depan perangkat. Pemrosesan dilakukan secara lokal (*on-*

device) menggunakan model CNN dalam format TensorFlow Lite untuk menghasilkan label emosi dominan sebagai masukan bagi modul lain.

2. Modul Rekomendasi Audio Relaksasi

Modul rekomendasi audio dirancang menggunakan pendekatan *Content-Based Filtering*, yang memetakan hasil deteksi emosi ke kategori audio relaksasi dengan karakteristik yang sesuai. Modul ini berfungsi sebagai dasar pemilihan audio yang mendukung regulasi emosi pengguna.

3. Modul Interaksi Cerdas dan Kontekstual

Modul ini dirancang untuk mendukung pengalaman relaksasi melalui fitur pendukung, yaitu asisten percakapan berbasis *large language model* yang memberikan respon empatik sesuai emosi pengguna, serta layanan informasi cuaca yang digunakan sebagai konteks penyesuaian antarmuka dan saran relaksasi.

4. Antarmuka Pengguna (UI/UX)

Antarmuka pengguna dirancang dengan prinsip sederhana dan intuitif untuk memudahkan akses terhadap fitur utama, seperti deteksi emosi dan pemutaran audio relaksasi.

Seluruh modul dirancang untuk berkomunikasi melalui struktur data yang ringan dengan pemrosesan utama dilakukan secara on-device guna menjaga privasi pengguna.

3.4.1 Perancangan Modul Sistem Cerdas

Modul sistem cerdas merupakan komponen inti yang dirancang untuk menjalankan dua fungsi utama, yaitu deteksi ekspresi wajah dan rekomendasi audio relaksasi. Modul ini dirancang dengan pendekatan *on-device machine learning* menggunakan TensorFlow Lite agar aplikasi dapat beroperasi tanpa ketergantungan koneksi internet. Perancangan modul sistem cerdas meliputi arsitektur umum sistem, perancangan model CNN, mekanisme inferensi, serta logika rekomendasi audio berbasis *Content-Based Filtering*.

3.4.1.1 Arsitektur Umum Modul Sistem Cerdas

Arsitektur modul sistem cerdas dirancang terdiri dari beberapa sub-modul yang saling terintegrasi, yaitu:

1. Liveness Detection, yang berfungsi memastikan bahwa input berasal dari wajah manusia asli.
2. Preprocessing Citra Wajah, yang menyiapkan citra agar sesuai dengan kebutuhan model deteksi emosi.
3. Deteksi Emosi Berbasis CNN, yang mengklasifikasikan ekspresi wajah ke dalam tujuh kelas emosi.
4. Modul Rekomendasi Audio Relaksasi, yang memetakan hasil deteksi emosi ke jenis audio yang sesuai.

Arsitektur ini dirancang untuk mendukung pemrosesan lokal (*on-device*) dengan mempertimbangkan efisiensi komputasi dan privasi pengguna.

3.4.1.2 Perancangan Model CNN (MobileNetV2)

Model deteksi ekspresi wajah dirancang menggunakan arsitektur MobileNetV2 sebagai *base model*. Pemilihan MobileNetV2 didasarkan pada karakteristiknya yang ringan, efisien, dan dioptimalkan untuk perangkat mobile melalui penggunaan *depthwise separable convolution*. Model ini dirancang untuk melakukan klasifikasi citra wajah ke dalam tujuh kelas emosi dengan pendekatan *transfer learning*, sehingga mampu memanfaatkan fitur visual tingkat tinggi secara efisien pada perangkat Android.

3.4.1.3 Perancangan Mekanisme Inferensi TensorFlow Lite

Model CNN yang telah dirancang selanjutnya dikonversi ke dalam format TensorFlow Lite agar dapat dijalankan secara efisien pada perangkat mobile. Mekanisme inferensi dirancang dilakukan secara lokal menggunakan *TFLite Interpreter*, dengan tahapan input berupa citra wajah yang telah melalui proses preprocessing. Keluaran model berupa probabilitas kelas emosi, di mana kelas dengan nilai tertinggi digunakan sebagai representasi emosi dominan pengguna dan diteruskan ke modul rekomendasi audio.

3.4.1.4 Perancangan Mekanisme Rekomendasi Audio Menggunakan Content-Based Filtering

Modul rekomendasi audio relaksasi dirancang menggunakan pendekatan *Content-Based Filtering (CBF)*, yang merekomendasikan audio berdasarkan kesesuaian karakteristik akustik audio dengan kondisi emosional pengguna. Setiap audio direpresentasikan menggunakan fitur-fitur akustik yang relevan, seperti tempo, tingkat energi, dan karakteristik spektral, yang kemudian dicocokkan dengan profil kebutuhan relaksasi berdasarkan emosi.

Pendekatan ini didukung oleh literatur dalam bidang *Music Emotion Recognition* yang menyatakan bahwa fitur akustik memiliki hubungan signifikan terhadap persepsi emosi dan regulasi psikologis pengguna (Chong et al., 2024; ER & ESIN, 2021; Hu et al., 2022). Oleh karena itu, pemetaan karakteristik audio terhadap kategori emosi disusun berdasarkan dasar ilmiah yang relevan dan ditampilkan pada **Tabel 3.4** Pemetaan Audio Relaksasi Berdasarkan Emosi.

Tabel 3.4 Pemetaan Audio Relaksasi Berdasarkan Emosi

Ekspresi Emosi	Karakteristik Audio yang Dibutuhkan	Rentang Frekuensi Dominan	Tempo / Pola	Energi Suara
Angry (Marah)	Frekuensi rendah; tone gelap; ambience tenang	100–250 Hz (low-frequency calming)	Tempo lambat 55–70 BPM	Rendah
Sad (Sedih)	Ambience hangat; harmoni lembut; pola stabil	250–500 Hz (warm mid-low)	Pola stabil, tanpa perubahan mendadak	Rendah–menengah
Fear (Takut)	Ambience aman; nada lembut; repetitif untuk grounding	300–600 Hz (comforting mid-range)	Repetitif, ritme konsisten	Rendah
Happy (Senang)	Ambience cerah; tonal clarity	800–1500 Hz (bright range)	Tempo sedang 80–110 BPM	Menengah
Neutral (Netral)	Noise stabil; brightness sedang	Broadband 200–2000 Hz	Stabil, tanpa ritme	Menengah stabil
Disgust (Jijik)	Ambience minimalis; tone bersih; energi rendah	100–400 Hz	Minimal ritme, tidak banyak layer	Rendah

Surprise (Terkejut)	Transisi sangat halus; nada stabil; tidak ada burst	400–800 Hz	Fade-in halus, pola linear stabil	Rendah
---------------------	---	------------	-----------------------------------	--------

Secara konseptual, sistem membandingkan representasi fitur audio dengan profil kebutuhan relaksasi tiap emosi untuk menentukan tingkat kesesuaian, sehingga audio yang direkomendasikan diharapkan mampu mendukung proses relaksasi pengguna. Pendekatan ini sejalan dengan temuan Halbert et al. (2018) yang menyatakan bahwa musik berfrekuensi rendah dan ritme stabil dapat membantu menurunkan respons fisiologis dan meningkatkan kondisi relaksasi (James D. Halbert et al., 2018).

3.4.1.5 Perancangan Ekstraksi dan Representasi Fitur Audio

Untuk mendukung pendekatan *Content-Based Filtering*, setiap file audio direpresentasikan dalam bentuk vektor fitur yang menggambarkan karakteristik akustiknya. Proses ekstraksi fitur dilakukan secara offline pada tahap persiapan data guna menjaga efisiensi sistem saat dijalankan pada perangkat mobile.

Fitur audio yang digunakan mencakup tempo, tingkat energi, serta karakteristik spektral dan timbre, seperti *spectral centroid*, *spectral rolloff*, dan *Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC)*. Pemilihan fitur ini didasarkan pada relevansinya dalam merepresentasikan karakter emosional audio dan keterkaitannya dengan kebutuhan relaksasi pengguna berdasarkan emosi yang terdeteksi. Daftar fitur yang digunakan dirangkum pada **Tabel 3.5** Fitur Audio untuk Content-Based Filtering.

Tabel 3.5 Fitur Audio untuk Content-Based Filtering

No	Nama Fitur	Deskripsi	Alasan Digunakan
1	Tempo (BPM)	Kecepatan ritme audio dalam beats-per-minute	Emosi seperti angry/sad memerlukan tempo lambat untuk menurunkan arousal
2	Energy	Tingkat intensitas suara (amplitudo rata-rata)	Pengguna angry/sad butuh energi rendah; happy membutuhkan energi menengah

3	Spectral Centroid (Brightness)	Menunjukkan “kecerahan” warna suara	Emosi neutral/happy membutuhkan brightness tertentu
4	Spectral Rolloff	Frekuensi batas yang mencakup 85–95% energi spektral	Membedakan ambience lembut vs cerah
5	Zero-Crossing Rate (ZCR)	Frekuensi perubahan sinyal dari positif ke negatif	Memberikan indikasi noise, cocok untuk neutral/disgust
6	Spectral Bandwidth	Lebar spektrum frekuensi	Audio untuk fear/disgust cenderung bandwidth sempit
7	RMS (Root Mean Square)	Intensitas loudness rata-rata	Relevan untuk mengatur kenyamanan dan relaksasi
8	Harmonic–Percussive Ratio (HPR)	Rasio nada harmonik vs perkusif	Emosi fear/sad lebih cocok dengan audio harmonik stabil
9	Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) (rata-rata 13 koefisien)	Representasi ciri timbre audio	Digunakan sebagai fitur inti karena sangat efektif mewakili karakter suara

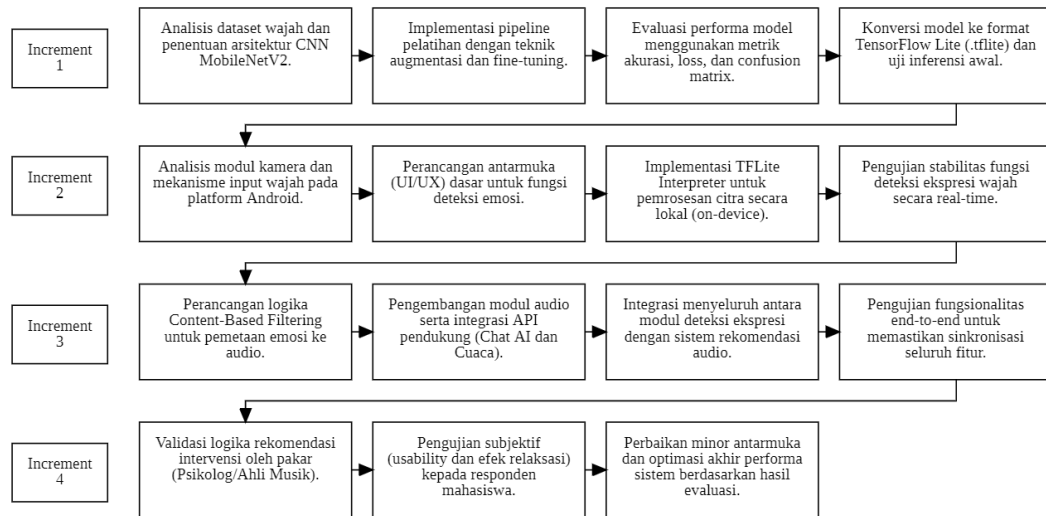
Representasi fitur tersebut disusun dalam bentuk vektor fitur yang digunakan sebagai dasar penentuan kesesuaian audio dengan kondisi emosional pengguna, sehingga audio yang direkomendasikan diharapkan mampu mendukung proses relaksasi secara optimal.

3.4.2 Perancangan Aplikasi Mobile

Perancangan aplikasi mobile pada penelitian ini mengacu pada pendekatan *Software Development Life Cycle (SDLC)* sebagai kerangka sistematis dalam pengembangan perangkat lunak. SDLC digunakan untuk memastikan bahwa setiap tahapan pengembangan sistem dilakukan secara terstruktur dan terdokumentasi dengan baik (Nugroho et al., 2017). Selain itu, pendekatan ini memberikan fleksibilitas yang tinggi dalam mengintegrasikan modul kecerdasan buatan yang bersifat kompleks ke dalam lingkungan perangkat lunak mobile.

Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Incremental Model*. Pada model ini, proses pengembangan sistem dibagi ke dalam beberapa tahapan increment yang saling berurutan. Alur konseptual model incremental pada penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 3.3** Konseptual Alur

Model Incremental. Setiap increment mencakup tahapan analisis, perancangan, implementasi, dan pengujian yang dilakukan secara berulang.



Gambar 3.3 Konseptual Alur Model Incremental

Pada setiap increment, proses analisis, perancangan, implementasi, dan pengujian dilakukan kembali sehingga pengembangan sistem dapat berjalan secara fleksibel namun tetap terstruktur. Pendekatan ini memungkinkan pengembangan modul deteksi ekspresi wajah, mekanisme inferensi menggunakan TensorFlow Lite, serta modul rekomendasi audio dilakukan secara terpisah, kemudian diintegrasikan secara bertahap pada siklus pengembangan berikutnya.

Dalam tahap perancangan sistem, penelitian ini menggunakan *Unified Modeling Language* (UML) sebagai standar pemodelan perangkat lunak. UML digunakan untuk menggambarkan struktur sistem, alur proses bisnis, serta interaksi antar komponen utama aplikasi. Penggunaan UML bertujuan untuk mempermudah proses analisis, dokumentasi, serta pengembangan sistem secara konsisten dan sistematis (Koç et al., 2021).

3.4.2.1 Kebutuhan Fungsional dan Non-Fungsional

Bagian ini menjelaskan kebutuhan sistem yang harus dipenuhi dalam pengembangan aplikasi relaksasi berbasis deteksi ekspresi wajah. Kebutuhan dibagi menjadi kebutuhan fungsional yang berhubungan dengan layanan utama sistem, serta kebutuhan non-fungsional yang berkaitan dengan kualitas teknis dan karakteristik performa aplikasi.

1. Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional disusun untuk mendefinisikan fitur-fitur utama yang wajib tersedia agar aplikasi dapat berjalan sesuai tujuan penelitian. Daftar kebutuhan ini menjadi dasar dalam perancangan Use Case Diagram yang akan dibahas pada bagian selanjutnya.

Tabel 3.6 Kebutuhan Fungsional Sistem

No	Kebutuhan Fungsional	Deskripsi
1	Melakukan Deteksi Ekspresi Wajah	Sistem mengaktifkan kamera depan untuk menangkap citra wajah dan melakukan klasifikasi emosi pengguna secara <i>on-device</i> .
2	Mendapatkan Rekomendasi Audio Otomatis	Sistem memberikan saran audio relaksasi secara otomatis yang dipicu oleh hasil deteksi ekspresi wajah pengguna.
3	Memutar Audio Secara Manual	Sistem menyediakan katalog audio agar pengguna dapat memilih dan memutar instrumen relaksasi sesuai keinginan secara mandiri.
4	Berinteraksi dengan Asisten Relaksasi	Sistem menyediakan fitur percakapan berbasis AI untuk membantu pengguna melakukan ventilasi emosi melalui interaksi teks.
5	Melihat Informasi Cuaca Lingkungan	Sistem menampilkan data cuaca terkini yang diambil melalui API eksternal untuk memberikan konteks atmosfer relaksasi.
6	Mengelola Profil Pengguna	Sistem memungkinkan pengguna untuk melihat dan memperbarui informasi identitas dasar pada akun aplikasi mereka.
7	Mengatur Konfigurasi Aplikasi	Sistem menyediakan akses untuk mengubah berbagai parameter preferensi penggunaan aplikasi.
8	Mengubah Tema Visual	Sebagai bagian dari pengaturan, sistem memungkinkan pengguna mengganti skema warna atau tema antarmuka (UI).

2. Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan non-fungsional memastikan bahwa aplikasi memiliki kinerja yang stabil, aman, dan memberikan pengalaman pengguna yang optimal sesuai dengan standar teknis perangkat mobile.

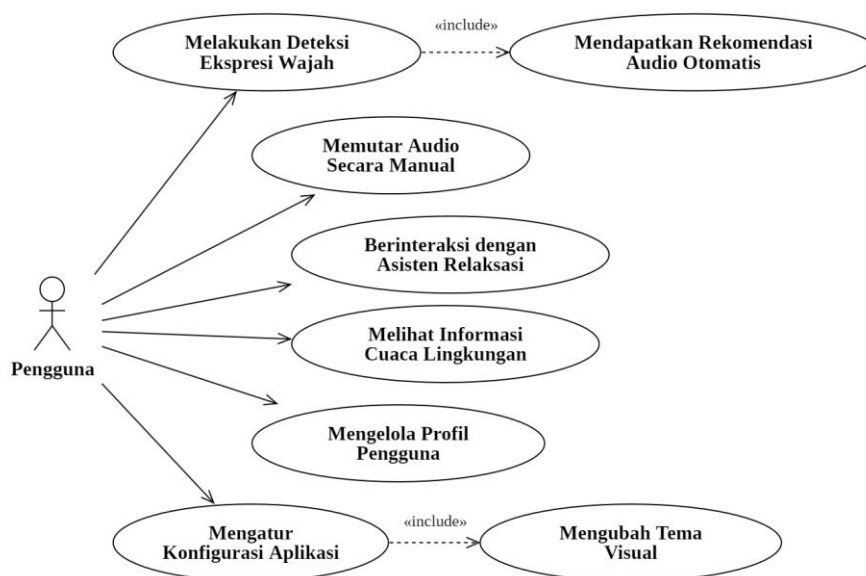
Tabel 3.7 Kebutuhan Non-Fungsional

No	Kebutuhan Non-Fungsional	Spesifikasi Teknis / Penjelasan
1	Platform Sistem	Aplikasi berjalan pada sistem operasi Android dengan batasan minimal API Level 32 (Android 12).

2	Teknologi Implementasi	Pengembangan menggunakan bahasa Kotlin, TensorFlow Lite untuk inferensi AI lokal, serta Gemini API dan Weather API.
3	Performa Perangkat	Optimal pada perangkat kelas menengah dengan RAM minimal 3 GB, tanpa memerlukan akselerasi GPU khusus.
4	Keamanan dan Privasi Data	Keamanan data wajah terjamin melalui mekanisme <i>on-device inference</i> tanpa pengiriman data citra ke server.
5	Konektivitas Jaringan	Fitur utama (deteksi emosi dan pemutaran audio) berfungsi luring (<i>offline</i>), internet hanya dibutuhkan untuk layanan API.
6	Waktu Respon Sistem	Latensi sistem dari proses deteksi hingga munculnya rekomendasi ditargetkan selesai dalam rentang waktu < 3 detik.
7	Usability dan Kenyamanan	Antarmuka mengadopsi prinsip <i>Calm Technology</i> yang diukur menggunakan standar <i>System Usability Scale (SUS)</i> .
8	Ketersediaan Audio	Dataset audio relaksasi tersedia secara lokal untuk menjamin aksesibilitas fitur pemutaran kapan saja.

3.4.2.2 Use Case Diagram

Use Case Diagram digunakan untuk memetakan interaksi antara aktor dan sistem secara visual berdasarkan kebutuhan fungsional yang telah didefinisikan pada **Tabel 3.6** Kebutuhan Fungsional Sistem. Melalui diagram ini, alur penggunaan sistem dan hubungan antar fitur dapat dipahami secara terstruktur.



Gambar 3.4 Use Case Diagram

Sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 3.4** Use Case Diagram, sistem ini melibatkan satu aktor utama yaitu Pengguna. Pengguna memiliki akses penuh terhadap seluruh fitur inti aplikasi tanpa memerlukan intervensi aktor eksternal atau admin. Fokus utama sistem meliputi deteksi ekspresi wajah secara *on-device*, pemutaran audio relaksasi baik secara manual maupun otomatis, serta interaksi dengan asisten cerdas sebagai media ventilasi emosi.

Dalam skenario penggunaan, fitur deteksi ekspresi wajah berperan sebagai pemicu utama (*trigger*) bagi fungsionalitas rekomendasi audio otomatis melalui relasi «include». Selain itu, fitur pendukung seperti manajemen profil, pengaturan konfigurasi, dan sinkronisasi informasi cuaca turut disertakan untuk menjamin kenyamanan dan adaptivitas aplikasi. Dengan demikian, *Use Case Diagram* ini telah mengakomodasi seluruh kebutuhan fungsional sistem secara menyeluruh dan sistematis.

3.4.2.3 Use Case Description

Berdasarkan *Use Case Diagram* pada **Gambar 3.4** Use Case Diagram, bagian ini merinci alur interaksi antara pengguna dan sistem melalui *Use Case Description*. Penjabaran ini disusun untuk memberikan gambaran logis mengenai fungsi aplikasi, kondisi prasyarat, serta alur kejadian (normal dan alternatif) guna memastikan implementasi sistem yang terstruktur.

Tabel 3.8 Use Case Melakukan Deteksi Ekspresi Wajah

Field	Deskripsi	
Use Case	Melakukan Deteksi Ekspresi Wajah	
Actor	Pengguna	
Deskripsi	Pengguna menggunakan kamera depan untuk mendeteksi emosi saat ini guna mendapatkan rekomendasi relaksasi yang dipersonalisasi.	
Trigger	Pengguna memilih fitur deteksi pada antarmuka utama.	
Preconditions	Izin akses kamera telah diberikan oleh pengguna dan model TensorFlow Lite telah termuat.	
Postconditions	Hasil klasifikasi emosi didapatkan dan sistem siap memberikan rekomendasi audio secara otomatis (<i>include</i>).	
Normal Flow	Pengguna	Sistem
	<ol style="list-style-type: none"> Menekan tombol deteksi wajah. Mengarahkan wajah ke kamera depan. 	<ol style="list-style-type: none"> Mengaktifkan kamera depan. Menangkap citra wajah secara <i>real-time</i>.

		3. Melakukan inferensi menggunakan model AI. 4. Menampilkan label emosi yang terdeteksi.
Alternative Flows	Jika hasil deteksi berada di ambang batas (<i>threshold</i>) rendah, sistem meminta pengguna menyesuaikan pencahayaan atau posisi wajah.	
Exceptions	Kamera tidak terdeteksi atau izin akses kamera ditolak oleh sistem operasi.	
Priority	<i>Critical</i> (Fitur Utama)	
Frequency of Use	Sangat Sering	
Assumptions	Kondisi pencahayaan ruangan cukup memadai untuk deteksi citra.	

Tabel 3.9 Use Case Mendapatkan Rekomendasi Audio Otomatis

Field	Deskripsi	
Use Case	Mendapatkan Rekomendasi Audio Otomatis	
Actor	Pengguna	
Deskripsi	Sistem secara otomatis menentukan jenis audio relaksasi yang paling sesuai berdasarkan hasil deteksi emosi dan parameter cuaca.	
Trigger	Selesainya proses deteksi ekspresi wajah («include»).	
Preconditions	Data emosi telah teridentifikasi dan data cuaca telah diperbarui.	
Postconditions	Daftar rekomendasi audio ditampilkan dan siap diputar.	
Normal Flow	Pengguna	Sistem
	1. Menerima tampilan hasil analisis.	1. Melakukan inferensi pada <i>rule-base</i> rekomendasi. 2. Memilih kategori audio (misal: <i>calm, cheerful, nature</i>). 3. Menampilkan daftar audio yang direkomendasikan.
Alternative Flows	Jika API cuaca gagal, sistem memberikan rekomendasi hanya berdasarkan deteksi emosi saja.	
Exceptions	Terjadi kegagalan pada logika pemetaan rekomendasi (error logika).	
Priority	High	

Tabel 3.10 Use Case Memutar Audio Secara Manual

Field	Deskripsi
Use Case	Memutar Audio Secara Manual
Actor	Pengguna
Deskripsi	Pengguna memilih secara bebas audio relaksasi dari katalog aplikasi tanpa melalui proses deteksi emosi.
Trigger	Pengguna memilih menu Katalog Audio.
Preconditions	File audio tersedia di dalam penyimpanan lokal aplikasi.

Postconditions	Audio relaksasi diputar melalui <i>output</i> suara perangkat.	
Normal Flow	Pengguna	Sistem
	1. Membuka katalog audio.	1. Menampilkan daftar audio lokal.
	2. Memilih judul audio tertentu.	2. Memuat file audio yang dipilih.
	3. Menekan tombol <i>Play</i> .	3. Menjalankan <i>Media Player</i> dan mengontrol pemutaran.
Alternative Flows	–	
Exceptions	File audio korup atau tidak ditemukan di penyimpanan.	
Priority	Medium	

Tabel 3.11 Use Case Berinteraksi dengan Asisten Relaksasi

Field	Deskripsi	
Use Case	Berinteraksi dengan Asisten Relaksasi	
Actor	Pengguna	
Deskripsi	Pengguna melakukan percakapan teks dengan AI untuk menceritakan perasaan atau keluh kesah.	
Trigger	Pengguna membuka fitur Chat AI.	
Preconditions	Perangkat terhubung ke internet untuk mengakses Gemini API.	
Postconditions	Pengguna mendapatkan respon empati dan saran dari asisten AI.	
Normal Flow	Pengguna	Sistem
	1. Mengetikkan pesan/curahan hati.	1. Mengirim input teks ke server Gemini API.
	2. Mengirim pesan.	2. Menerima respon teks dari AI.
		3. Menampilkan balasan pada antarmuka percakapan.
Alternative Flows	–	
Exceptions	Koneksi internet terputus; API Key mencapai limit atau error server.	
Priority	High	

Tabel 3.12 Use Case Melihat Informasi Cuaca Lingkungan

Field	Deskripsi	
Use Case	Melihat Informasi Cuaca Lingkungan	
Actor	Pengguna	
Deskripsi	Sistem menyajikan informasi cuaca terkini untuk membantu pengguna menyesuaikan suasana relaksasi.	
Trigger	Pengguna membuka aplikasi atau menekan <i>refresh</i> cuaca.	
Preconditions	Izin lokasi aktif dan koneksi internet tersedia.	
Postconditions	Informasi suhu dan kondisi cuaca (hujan/cerah) tampil di layar.	
Normal Flow	Pengguna	Sistem

	1. Melihat widget/halaman cuaca	1. Mengambil titik koordinat perangkat. 2. Melakukan <i>request</i> ke Weather API. 3. Menampilkan data cuaca pada antarmuka.
Alternative Flows	–	
Exceptions	GPS tidak aktif atau gagal mendapatkan data dari server API.	
Priority	Low	

Tabel 3.13 Use Case Mengelola Profil Pengguna

Field	Deskripsi	
Use Case	Mengelola Profil Pengguna	
Actor	Pengguna	
Deskripsi	Pengguna melihat dan mengubah data identitas dasar agar aplikasi terasa lebih personal.	
Trigger	Pengguna masuk ke menu Profil.	
Preconditions	Pengguna telah berada di dalam aplikasi.	
Postconditions	Data profil diperbarui dalam penyimpanan lokal (<i>Preferences</i>).	
Normal Flow	Pengguna	Sistem
	1. Mengedit informasi profil (nama/identitas). 2. Menekan tombol simpan	1. Memvalidasi input pengguna. 2. Menyimpan perubahan ke database lokal. 3. Menampilkan notifikasi berhasil.
Alternative Flows	–	
Exceptions	Input tidak valid (misal: nama kosong).	
Priority	Medium	

Tabel 3.14 Use Case Mengatur Konfigurasi Aplikasi

Field	Deskripsi	
Use Case	Mengatur Konfigurasi Aplikasi	
Actor	Pengguna	
Deskripsi	Pengguna mengelola preferensi teknis aplikasi seperti notifikasi atau bahasa.	
Trigger	Pengguna memilih menu Pengaturan.	
Preconditions	–	
Postconditions	Pengaturan aplikasi berubah sesuai pilihan pengguna.	
Normal Flow	Pengguna	Sistem
	1. Memilih parameter pengaturan yang ingin diubah.	1. Menampilkan opsi konfigurasi.

	2. Mengaktifkan/menonaktifkan opsi.	2. Menerapkan perubahan secara <i>real-time</i> .
Alternative Flows	Pengguna memilih opsi ganti tema («include»).	
Exceptions	Gagal menyimpan preferensi ke sistem.	
Priority	Low	

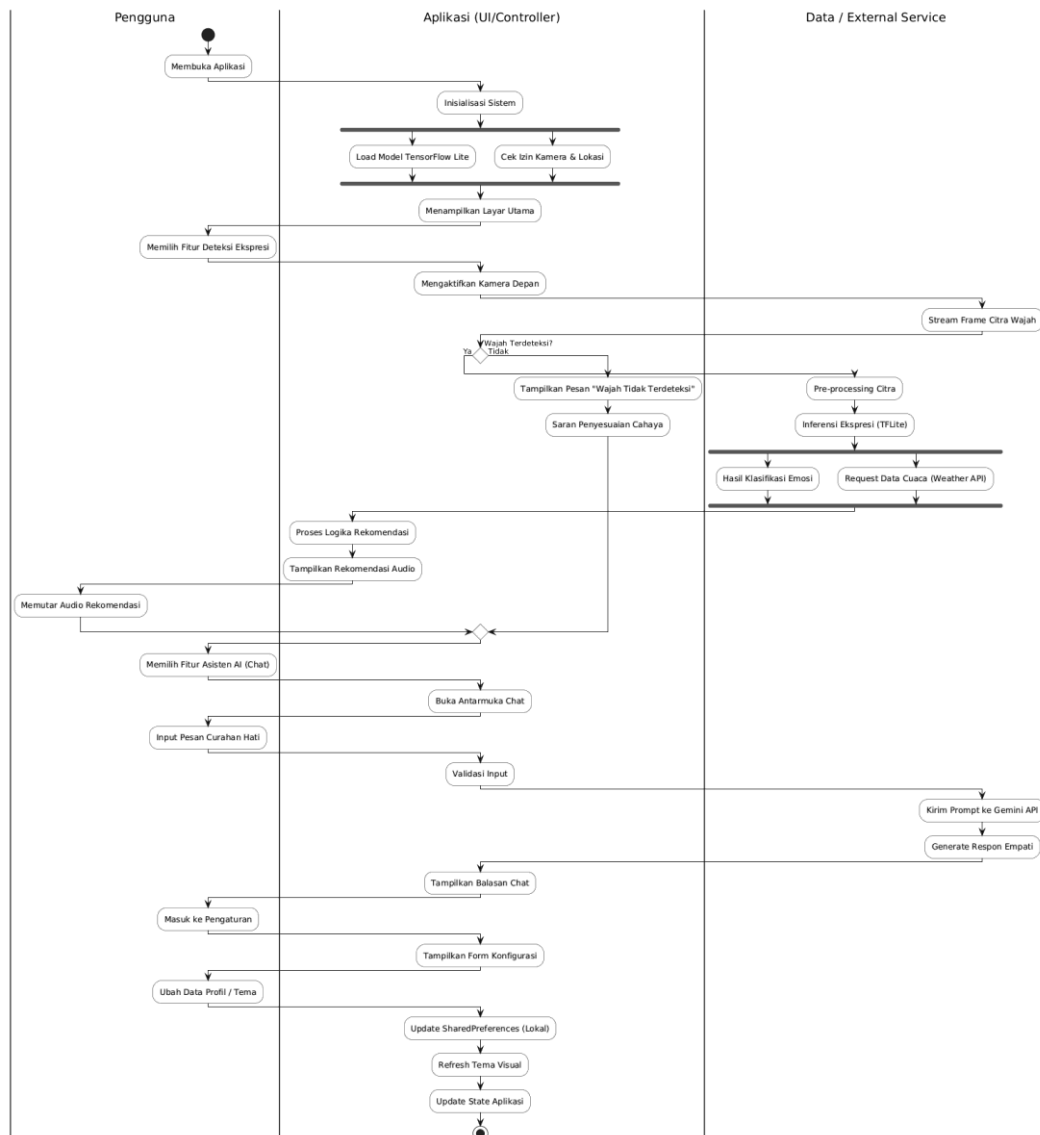
Tabel 3.15 Use Case Mengubah Tema Visual

Field	Deskripsi	
Use Case	Mengubah Tema Visual	
Actor	Pengguna	
Deskripsi	Mengubah tampilan antarmuka untuk kenyamanan mata saat relaksasi.	
Trigger	Dipicu dari menu Mengatur Konfigurasi Aplikasi («include»).	
Preconditions	–	
Postconditions	Seluruh skema warna aplikasi berubah.	
Normal Flow	Pengguna	Sistem
	1. Memilih tema.	1. Mengubah <i>resource</i> warna tema secara global. 2. Melakukan <i>re-draw</i> pada antarmuka aplikasi.
Alternative Flows	–	
Exceptions	–	
Priority	Low	

Seluruh penjabaran *use case description* di atas memberikan panduan mendalam mengenai logika operasional sistem dan interaksi pengguna. Dokumentasi ini memastikan bahwa setiap kebutuhan fungsional telah terdefinisi secara teknis, sekaligus menjadi acuan utama dalam tahap implementasi kode program dan pengujian sistem pada bab berikutnya.

3.4.2.4 Activity Diagram

Activity diagram pada **Gambar 3.5** Activity Diagram menggambarkan alur aktivitas sistem secara dinamis dalam merespon tindakan pengguna. Diagram ini menjelaskan urutan aktivitas, mulai dari inisialisasi aplikasi hingga eksekusi fitur-fitur utama yang telah didefinisikan dalam *use case*.

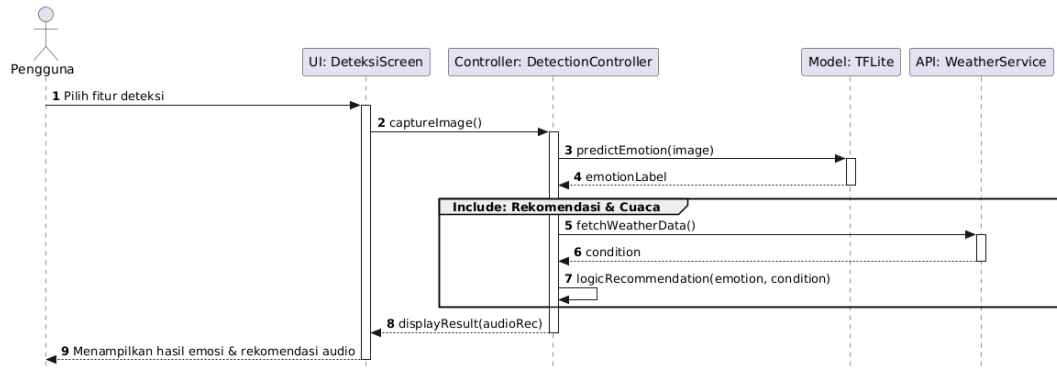


Gambar 3.5 Activity Diagram

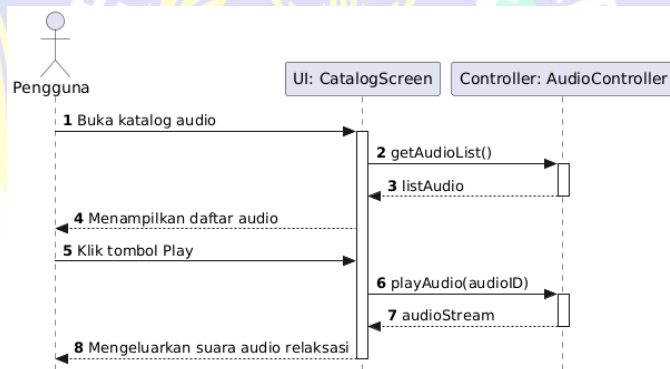
Diagram tersebut menunjukkan bahwa alur kerja aplikasi terbagi menjadi beberapa cabang aktivitas fungsional. Alur deteksi ekspresi wajah memiliki kompleksitas tertinggi karena melibatkan integrasi perangkat keras kamera, inferensi model TensorFlow Lite secara *on-device*, hingga pengambilan keputusan pada logika rekomendasi audio. Sementara itu, fitur pendukung seperti asisten AI dan sinkronisasi cuaca menunjukkan alur komunikasi data antara aplikasi dengan API eksternal. Secara keseluruhan, *activity diagram* ini memastikan bahwa logika kontrol dan aliran data dalam aplikasi telah dirancang secara sistematis untuk menjamin pengalaman pengguna yang responsif.

3.4.2.5 Sequence Diagram

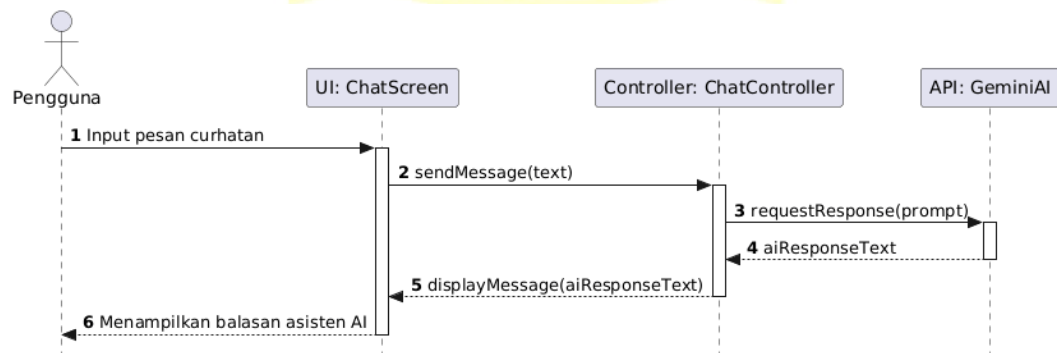
Sequence Diagram digunakan untuk menggambarkan urutan interaksi antar objek dalam sistem secara kronologis pada setiap fitur utama. Penjabaran pada **Gambar 3.6** Sequence Diagram hingga **Gambar 3.11** Sequence Diagram menunjukkan alur pesan yang terjadi di dalam sistem guna memastikan logika aliran data selaras dengan kebutuhan fungsional.



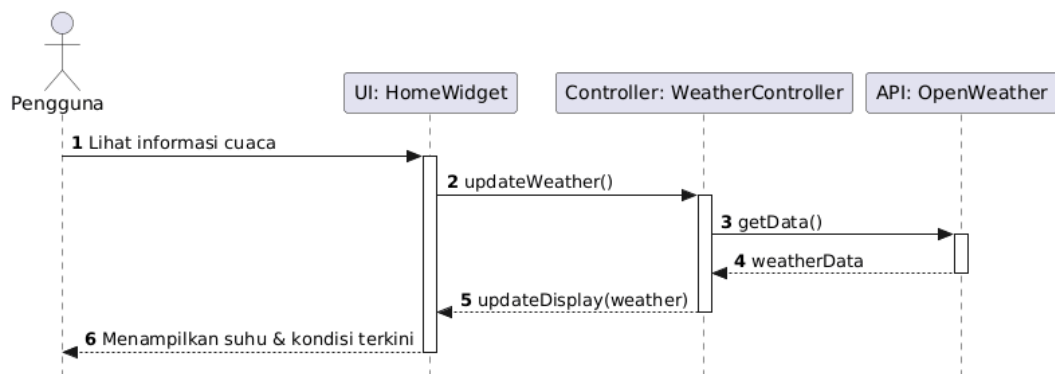
Gambar 3.6 Sequence Diagram Melakukan Deteksi Ekspresi Wajah & Rekomendasi



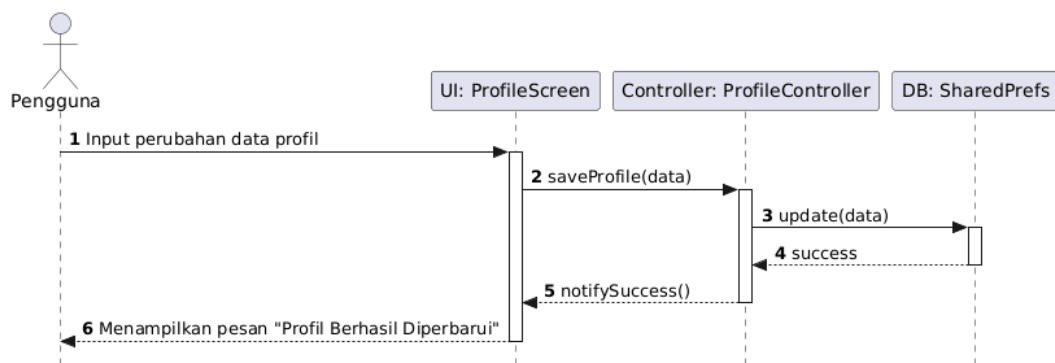
Gambar 3.7 Sequence Diagram Memutar Audio Secara Manual



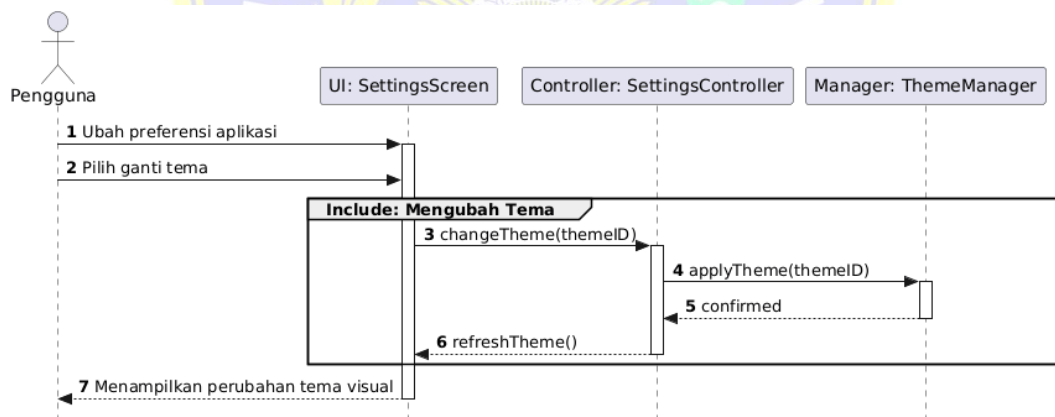
Gambar 3.8 Sequence Diagram Berinteraksi dengan Asisten Relaksasi



Gambar 3.9 Sequence Diagram Melihat Informasi Cuaca Lingkungan



Gambar 3.10 Sequence Diagram Mengelola Profil Pengguna

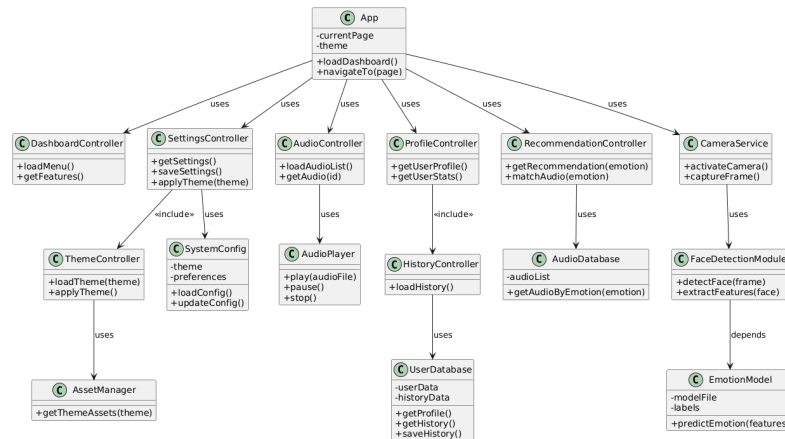


Gambar 3.11 Sequence Diagram Mengatur Konfigurasi & Tema

Secara keseluruhan, rangkaian perancangan aplikasi ini telah mendokumentasikan alur interaksi dan logika sistem secara komprehensif. Penjabaran diagram tersebut berfungsi sebagai acuan teknis dalam tahap implementasi untuk menjamin setiap kebutuhan fungsional dan aliran data berjalan secara sinkron. Dengan selesainya tahap perancangan ini, sistem telah memiliki struktur yang terukur untuk dikembangkan menjadi aplikasi relaksasi yang adaptif dan terintegrasi.

3.4.2.6 Class Diagram

Class diagram pada **Gambar 3.12** Class Diagram menggambarkan struktur dan hubungan antar kelas utama dalam aplikasi relaksasi berbasis deteksi ekspresi wajah.

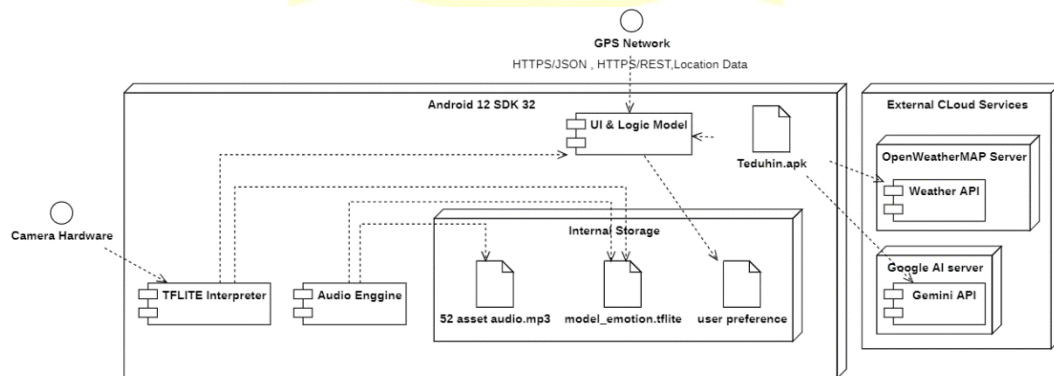


Gambar 3.12 Class Diagram

Diagram ini menunjukkan keterkaitan antar komponen inti seperti deteksi emosi, rekomendasi audio, pemutaran audio, manajemen pengguna, riwayat, dan pengaturan aplikasi, sehingga mendukung implementasi sistem yang terstruktur, modular, dan mudah dikembangkan.

3.4.2.7 Deployment Diagram

Deployment diagram mengilustrasikan arsitektur fisik serta distribusi artefak perangkat lunak pada infrastruktur perangkat keras yang digunakan. Diagram ini memvisualisasikan bagaimana komponen aplikasi berinteraksi dengan perangkat keras Android dan layanan eksternal berbasis awan (*cloud services*).



Gambar 3.13 Deployment Diagram

Sistem berjalan pada lingkungan Android 12 SDK 32 dengan mengintegrasikan komponen internal seperti UI & Logic Model, TFLITE Interpreter, dan Audio Engine. Penyimpanan internal mengelola aset audio, model deteksi emosi, serta preferensi pengguna, sementara perangkat keras dimanfaatkan untuk akses kamera dan lokasi (GPS). Selain pemrosesan lokal (*on-device*), aplikasi terhubung dengan layanan eksternal melalui OpenWeatherMap API untuk data cuaca dan Gemini API sebagai asisten cerdas, menciptakan sistem yang responsif melalui integrasi API pihak ketiga.

Dengan selesainya seluruh pemodelan diagram di atas, maka perancangan sistem aplikasi ini telah terdefinisi secara utuh baik dari sisi fungsional, logika interaksi, hingga arsitektur fisiknya. Seluruh dokumentasi ini menjadi landasan teknis yang sinkron untuk menjamin proses implementasi kode program dan integrasi layanan cerdas berjalan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

3.4.2.8 Perancangan UI/UX

Perancangan User Interface (UI) dan User Experience (UX) dilakukan untuk memastikan aplikasi relaksasi yang dikembangkan mampu memberikan pengalaman penggunaan yang nyaman, sederhana, serta mendukung tujuan utama aplikasi yaitu membantu pengguna mencapai kondisi relaksasi melalui suara dan tampilan visual yang menenangkan.

Perancangan UI/UX dilakukan dengan mengacu pada prinsip *calming design* yang meliputi pemilihan warna lembut, elemen visual minimalis, serta navigasi yang mudah dipahami. Proses perancangan dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Penentuan Tema Warna (Color Theme)

Tabel 3.16 Tema Warna Aplikasi

No.	Nama Tema	Nama Visual	Deskripsi
1	Tema Hijau	<i>Natural Calm</i>	Memberikan nuansa alam, kesegaran, dan ketenangan untuk membantu relaksasi.
2	Tema Biru	<i>Serenity Blue</i>	Memunculkan suasana tenang, stabil, dan menurunkan ketegangan emosional.

3	Tema Kuning Senja	<i>Sunset Mood</i>	Memberikan kesan hangat, nyaman, dan menenangkan terutama saat menjelang istirahat.
---	-------------------	--------------------	---

Setiap tema warna dipadukan dengan karakteristik audio relaksasi yang sesuai guna memperkuat efek ketenangan secara visual dan auditorial.

2. Perancangan Struktur Navigasi

Struktur navigasi dirancang sederhana agar pengguna dapat mengakses fitur utama tanpa kebingungan. Navigasi utama terdiri dari:

1. Halaman Dashboard (menu utama)
2. Halaman Deteksi Ekspresi
3. Halaman Pemutar Audio
4. Halaman Favorit
5. Halaman Profil
6. Halaman Pengaturan Tema

Setiap halaman dirancang menggunakan pendekatan one-click access ke fitur utama meminimalkan beban kognitif.

3. Perancangan Elemen Antarmuka

Elemen UI dirancang mengikuti prinsip clean interface, meliputi:

1. Penggunaan ikon yang sederhana dan konsisten.
2. Penempatan tombol dalam jarak yang mudah dijangkau pengguna.
3. Penggunaan tipografi yang mudah dibaca pada tampilan mobile.
4. Kontras warna yang sesuai dengan standar aksesibilitas.

Elemen visual seperti ilustrasi alam, ikon yang lembut, serta animasi ringan digunakan untuk mendukung suasana relaksasi tanpa mengganggu fokus pengguna.

4. Pembuatan Wireframe dan Desain Prototipe

Wireframe awal dibuat menggunakan Figma untuk menentukan tata letak, posisi tombol, tata warna, dan alur navigasi. Setelah wireframe disetujui, dibuat prototipe high fidelity yang mencerminkan tampilan akhir aplikasi.

3.5 Rencana Evaluasi

Rencana evaluasi pada penelitian ini disusun untuk menilai kinerja teknis sistem, kualitas implementasi aplikasi mobile, serta kesesuaian sistem dari sudut pandang pakar dan pengguna. Evaluasi dilakukan untuk memastikan bahwa aplikasi relaksasi berbasis deteksi ekspresi wajah dapat memenuhi tujuan penelitian baik secara fungsional, teknis, maupun pengalaman pengguna. Secara umum, evaluasi dibagi ke dalam empat bagian utama, yaitu evaluasi model deteksi emosi, evaluasi aplikasi mobile, evaluasi fitur asisten relaksasi berbasis AI, serta evaluasi pakar dan pengguna.

3.5.1 Evaluasi Model Deteksi Emosi

Evaluasi model deteksi emosi direncanakan dilakukan untuk mengukur performa klasifikasi ekspresi wajah yang digunakan sebagai dasar rekomendasi audio relaksasi. Pengukuran dilakukan menggunakan metrik klasifikasi standar, meliputi accuracy, precision, recall, F1-score, serta confusion matrix untuk masing-masing kelas emosi.

Selain metrik akurasi, dilakukan pula pengukuran inference time untuk mengetahui waktu pemrosesan satu citra wajah pada perangkat Android. Pengujian ini bertujuan memastikan bahwa model mampu berjalan secara real-time dan efisien ketika digunakan pada perangkat mobile, sehingga tidak mengganggu pengalaman pengguna.

3.5.2 Evaluasi Performa dan Fungsionalitas Aplikasi Mobile

Evaluasi aplikasi mobile dilakukan untuk menilai kestabilan dan kualitas implementasi sistem secara keseluruhan. Pengujian dilakukan melalui pengujian fungsional (blackbox testing) dan pengujian performa aplikasi.

Aspek performa yang diuji meliputi stabilitas FPS kamera, waktu respons deteksi emosi, serta penggunaan CPU dan memori pada perangkat Android. Aplikasi dinyatakan berjalan dengan baik apabila mampu beroperasi secara stabil tanpa mengalami *force close*, memiliki FPS minimal 10–15 saat kamera aktif, serta menunjukkan penggunaan sumber daya perangkat dalam batas yang wajar.

3.5.3 Evaluasi Prompt dan System Instruction Asisten Relaksasi

Evaluasi terhadap prompt dan *system instruction* yang digunakan pada fitur asisten relaksasi dilakukan untuk memastikan kepatuhan respons AI terhadap batasan konteks yang telah ditetapkan. Pendekatan yang digunakan adalah *scenario-based functional validation*, yaitu dengan menguji respons AI melalui beberapa skenario percakapan.

Skenario pengujian mencakup masukan yang relevan dengan konteks relaksasi serta masukan di luar konteks yang ditentukan. Prompt dinyatakan valid apabila sistem mampu menghasilkan respons yang empatik dan suportif pada masukan yang sesuai, serta mampu membatasi atau menolak respons pada masukan di luar konteks. Pendekatan evaluasi berbasis skenario dan kriteria ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa evaluasi prompt pada *large language model* dapat dilakukan berdasarkan kesesuaian output terhadap kriteria yang ditentukan pengguna (*user-defined criteria*) (Kim et al., 2024).

3.5.4 Evaluasi Pakar

Evaluasi selanjutnya dilakukan melalui keterlibatan pakar dari dua bidang keilmuan. Pakar pertama merupakan dosen psikologi yang berperan dalam memvalidasi secara konseptual pemilihan kategori emosi, pemetaan emosi terhadap jenis audio relaksasi, serta kesesuaian tema warna antarmuka pengguna. Validasi ini bertujuan memastikan bahwa desain sistem selaras dengan prinsip dasar psikologi emosi dan regulasi emosi, tanpa dimaksudkan sebagai uji klinis atau diagnosis psikologis.

Pakar kedua merupakan dosen informatika yang melakukan pengujian kualitas sistem dari aspek rekayasa perangkat lunak, meliputi pemeriksaan dokumen, fungsionalitas sistem, kinerja, keamanan, antarmuka pengguna, logika sistem, serta kesesuaian sistem dengan kebutuhan pengguna. Hasil evaluasi pakar ini digunakan untuk menilai kesiapan sistem dari sisi teknis dan implementasi.

3.5.5 Evaluasi Pengguna dan Pengolahan Data

Selain evaluasi pakar, pengalaman pengguna dievaluasi menggunakan kuesioner berbasis skala Likert yang disusun dengan mengacu pada prinsip System

Usability Scale (SUS) sebagaimana digunakan dalam penelitian usability aplikasi mobile. Evaluasi ini melibatkan 20–30 responden. Aspek yang dinilai mencakup kemudahan penggunaan, kejelasan antarmuka, kenyamanan audio, responsivitas sistem, serta kepuasan keseluruhan terhadap aplikasi. Data dianalisis secara deskriptif dengan menghitung nilai rata-rata setiap indikator untuk mengetahui tingkat penerimaan dan efektivitas aplikasi (Lulu et al., 2022).

Penentuan responden dilakukan menggunakan teknik Purposive Sampling, yaitu pemilihan sampel dengan kriteria khusus berupa mahasiswa Generasi Z pengguna Android, agar hasil evaluasi relevan dengan tujuan penelitian (Campbell et al., 2020). Selanjutnya, data hasil kuesioner akan melalui tahap *Data Cleaning* untuk memastikan hanya data dari responden yang berhasil mengoperasikan sistem secara utuh yang dianalisis. Tahap ini bertujuan mengeliminasi *outliers* atau data cacat akibat kendala teknis perangkat, sehingga validitas dan reliabilitas hasil pengukuran tetap terjaga (Lewis, 2018).

