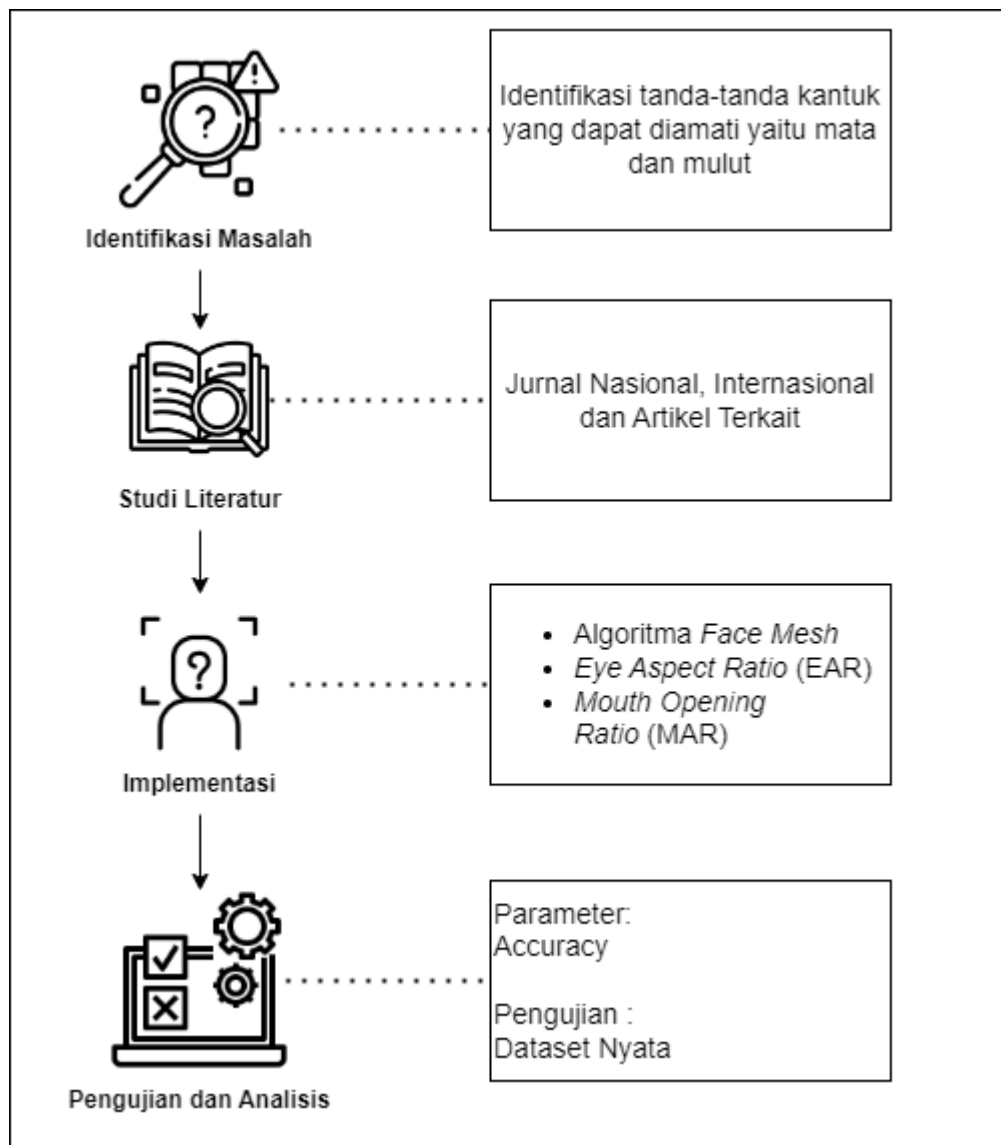


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

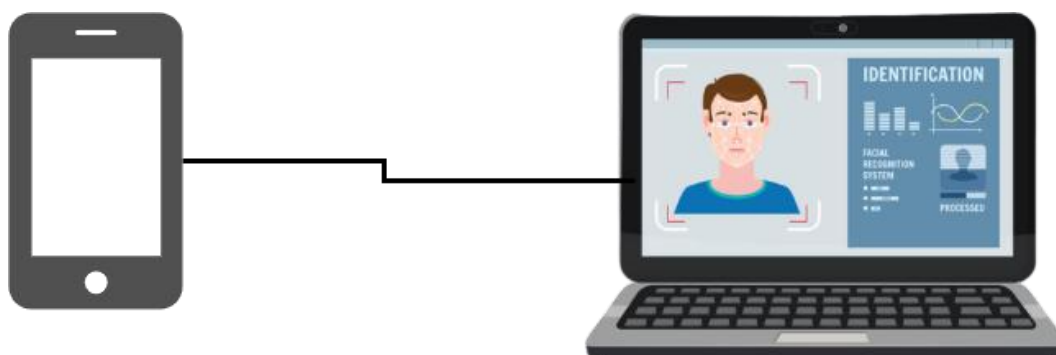
3.1.1 Identifikasi Masalah

Tahap ini melibatkan pengenalan dan pemahaman masalah yang akan diselesaikan, yaitu deteksi kantuk pada pengendara mobil. Identifikasi masalah mencakup memahami risiko kecelakaan yang diakibatkan oleh kantuk dan pentingnya sistem deteksi kantuk yang efektif untuk meningkatkan keselamatan berkendara. Tahap ini mengidentifikasi tanda-tanda kantuk yang dapat diamati, seperti mata yang tertutup dan menguap, yang menjadi dasar bagi pengembangan sistem deteksi berbasis algoritma *Face Mesh*.

3.1.2 Studi Literatur

Tahap ini melakukan pencarian bahan dan pemahaman konsep yang berkaitan dengan objek permasalahan melalui jurnal dan internet. Literatur-literatur yang diperoleh digunakan sebagai pedoman dalam penelitian ini, dengan rincian literatur terdapat pada SUB BAB II.

3.1.3 Implementasi



Gambar 3.2 Arsitektur Sistem

Tahap implementasi melibatkan pengembangan sistem deteksi kantuk menggunakan algoritma *Face Mesh*. Gambar 3.2 menunjukkan arsitektur sistem

yang dibuat, sistem dirancang dan diprogram dengan mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak yang dibutuhkan. Perangkat keras yaitu kamera *smartphone* untuk menangkap gambar wajah pengemudi dan laptop untuk menjalankan program, sementara perangkat lunak mencakup penggunaan *algoritma Face Mesh* untuk menganalisis gambar wajah dan mendeteksi tanda-tanda kantuk seperti penutupan mata dan menguap. Pada tahap ini, juga dilakukan penyiapan lingkungan pengujian dan memastikan sistem bekerja sesuai dengan desain. Berdasarkan gambar 3.1, tahapan pada proses implementasi yaitu:

1. Inisialisasi Kamera

Pada tahap awal, program melakukan inisialisasi kamera menggunakan *library OpenCV*. Proses ini memastikan bahwa sistem dapat menangkap *frame video* secara *real-time*. Kamera dikonfigurasi dengan resolusi tertentu agar sistem memperoleh kualitas gambar optimal untuk kebutuhan pendeteksian wajah dan fitur wajah.

2. Deteksi Wajah

Frame yang diperoleh dari kamera kemudian diproses menggunakan *algoritma Face Mesh* dari *Mediapipe*. Algoritma ini mendeteksi keberadaan wajah dan menghasilkan titik-titik *landmark* wajah yang terdistribusi pada mata dan mulut. *Face Mesh* digunakan karena kemampuannya untuk memberikan *landmark* presisi tinggi dengan performa *real-time*, sehingga cocok untuk deteksi kantuk.

3. Ekstraksi Fitur Wajah

Setelah wajah terdeteksi, program mengekstraksi fitur utama berupa mata dan mulut berdasarkan indeks *landmark* pada *Face Mesh*. Titik-titik *landmark*

tersebut digunakan untuk menghitung rasio seperti *Eye Aspect Ratio (EAR)* untuk mendeteksi kondisi mata dan *Mouth Aspect Ratio (MAR)* untuk mendeteksi aktivitas menguap. Perhitungan dilakukan dengan mengolah jarak *Euclidean* antar titik-titik *landmark* tertentu.

4. Logika Deteksi Kantuk

Nilai EAR dan MAR yang diperoleh dari proses ekstraksi fitur wajah selanjutnya dibandingkan dengan nilai ambang batas (*threshold*) yang telah ditentukan. Penentuan nilai ambang ini dilakukan berdasarkan adaptasi dari beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan EAR dan MAR sebagai indikator kondisi mata terpejam dan aktivitas menguap, serta disesuaikan melalui observasi awal pada data uji yang diperoleh menggunakan kamera *smartphone*.

Nilai ambang EAR ditetapkan sebesar $EAR \leq 50$, yang merepresentasikan kondisi mata tertutup dalam durasi tertentu. Penyesuaian nilai ini mempertimbangkan perbedaan karakteristik akuisisi citra antara kamera *smartphone* dan kamera eksternal seperti *webcam* atau *Raspberry Pi camera* yang digunakan pada penelitian sebelumnya (Pardede dkk., 2022), terutama dari sisi jarak pengambilan gambar dan resolusi. Sementara itu, nilai ambang MAR ditetapkan sebesar $MAR \geq 60$ sebagai indikator aktivitas menguap, berdasarkan pola pembukaan mulut yang teridentifikasi secara konsisten pada hasil observasi awal dan tetap berada dalam rentang nilai yang relevan dengan literatur.

Kombinasi kedua parameter tersebut digunakan sebagai dasar logika sistem dalam menentukan kondisi kantuk pengemudi. Kondisi mata terpejam yang berlangsung di bawah nilai ambang EAR dan peningkatan nilai MAR di atas

ambang batas menjadi indikator terjadinya kantuk, sehingga sistem mampu membedakan kondisi normal dan potensi *microsleep* secara *real-time*.

5. Peringatan dan Rekaman Data

Ketika sistem mendeteksi kondisi mengantuk, program menghasilkan peringatan dalam bentuk teks *overlay* pada tampilan *video* serta memutar suara alarm sebagai notifikasi kepada pengemudi. Selain itu, sistem juga menyimpan informasi deteksi seperti waktu, nilai *EAR*, nilai *MAR*, serta status deteksi ke dalam file *CSV*. Proses perekaman ini bertujuan untuk mendukung analisis performa dan evaluasi akurasi sistem pada tahap pengujian.

6. Tampilan Grafis

Program menampilkan hasil deteksi secara visual pada jendela tampilan *video*. Informasi seperti nilai *EAR*, nilai *MAR*, status menguap, status mengantuk, dan jumlah deteksi ditampilkan secara *overlay* di atas *frame video*. Tampilan grafis ini memudahkan pengguna untuk memahami *output* sistem secara *real-time* dan memverifikasi apakah deteksi berjalan dengan benar.

7. *Looping* Utama

Seluruh proses di atas berjalan secara berulang dalam sebuah *looping* utama (*main loop*). Selama kamera aktif, sistem terus menangkap *frame* baru, memrosesnya, mendeteksi fitur, mengevaluasi kondisi kantuk, dan menampilkan hasil secara *real-time*. *Looping* ini memastikan sistem dapat bekerja secara kontinu tanpa jeda, sehingga mampu memberikan peringatan tepat waktu.

3.1.4 Pengujian dan Analisis

Tahap pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem deteksi kantuk berbasis algoritma *Face Mesh* yang telah diimplementasikan. Pengujian dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa variabel yang dapat memengaruhi hasil deteksi, yaitu nilai rasio mata (EAR), nilai rasio mulut (MAR), jarak antara wajah dengan kamera, serta kondisi pencahayaan. EAR dan MAR digunakan sebagai indikator utama untuk mendeteksi aktivitas menguap maupun menutup mata terlalu lama melalui nilai *threshold* yang ditetapkan pada sistem. Selanjutnya dilakukan pengujian dengan variasi jarak untuk mengetahui batas toleransi sistem dalam mengenali *landmark* wajah secara stabil. Pengujian kemudian dilanjutkan pada empat kondisi pencahayaan berbeda, yaitu pagi, siang, sore, dan malam, untuk melihat sejauh mana intensitas cahaya memengaruhi keberhasilan deteksi *landmark* dan akurasi proses identifikasi kondisi mengantuk.

Teknik *sampling* yang digunakan untuk melakukan pengujian pada penelitian ini adalah *purposive sampling*, yaitu teknik pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan atau kriteria tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian (Sugiyono, 2019). Penggunaan teknik ini dipilih karena penelitian berfokus pada pengujian sistem deteksi kantuk dalam berbagai kondisi. Oleh karena itu, sampel yang digunakan terdiri dari empat orang pengemudi, masing-masing mewakili kondisi pencahayaan yang berbeda serta posisi duduk yang bervariasi.

Setelah tahap pengujian berhasil dilakukan, tahap terakhir yaitu melibatkan analisis data yang diperoleh selama pengujian untuk menilai efektivitas sistem deteksi kantuk. Analisis mencakup penilaian hasil deteksi, tingkat keberhasilan, dan

kesalahan yang terjadi selama pengujian. Berdasarkan analisis ini, kesimpulan mengenai kinerja sistem dapat ditarik dan rekomendasi untuk perbaikan di masa depan diberikan. Analisis ini juga mencakup penilaian keseluruhan mengenai keandalan sistem untuk digunakan dalam aplikasi nyata sebagai alat bantu keselamatan pengemudi.

Untuk menilai kualitas deteksi, digunakan beberapa metrik umum yaitu *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, dan *F1-Score*. Rumus yang digunakan adalah (Hidayani & Romadhani, 2025):

1. *Accuracy*

Menggambarkan persentase keseluruhan prediksi yang benar.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \quad (3.1)$$

2. *Precision*

Menggambarkan tingkat ketepatan saat sistem memprediksi kondisi kantuk.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (3.2)$$

3. *Recall*

Menunjukkan kemampuan sistem dalam mendeteksi kondisi kantuk yang sebenarnya terjadi.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3.3)$$

4. *F1-Score*

Rata-rata harmonik antara precision dan recall, memberikan penilaian seimbang pada kedua aspek.

$$F1 = 2 \times \frac{\textit{Precision} \times \textit{Recall}}{\textit{Precision} + \textit{Recall}} \quad (3.4)$$

Analisis dilakukan menggunakan pendekatan berbasis per *frame* (per detik) dengan menyusun tabel yang membandingkan hasil deteksi sistem dengan *ground truth* sebagai acuan evaluasi awal. Setiap baris mewakili satu detik rekaman dan memuat beberapa informasi, yaitu:

1. Waktu (detik) sebagai penanda urutan *frame* dalam proses analisis.
2. Deteksi Menguap Sistem dan Deteksi Mengantuk Sistem yang merupakan keluaran program pada detik tersebut.
3. *Ground Truth* Menguap dan *Ground Truth* Mengantuk, yang ditentukan secara manual berdasarkan pengamatan langsung terhadap rekaman video pengemudi. Penentuan manual ini berpotensi mengandung subjektivitas pengamat, sehingga *ground truth* digunakan sebagai *baseline* evaluasi, bukan representasi absolut kondisi fisiologis pengemudi.
4. Deteksi Sistem (Label), yang berisi kategori “Kantuk (K)” atau “Tidak Kantuk (TK)” berdasarkan logika akhir sistem dari nilai EAR dan MAR.
5. *Ground Truth Label*, yang menunjukkan kondisi sebenarnya pada setiap detik rekaman sesuai hasil observasi manual.

Setelah kedua label dibandingkan, setiap baris diberi penilaian menggunakan empat kategori evaluasi, yaitu (Hidayani & Romadhani, 2025):

1. *True Positive* (TP)

Sistem mendeteksi kondisi kantuk dan sesuai dengan kondisi sebenarnya.

2. *False Positive* (FP)

Sistem menyatakan kantuk padahal kondisi sebenarnya tidak.

3. *True Negative* (TN)

Sistem dan ground truth sama-sama menyatakan tidak kantuk.

4. *False Negative* (FN)

Sistem gagal mendeteksi kantuk ketika kondisi sebenarnya kantuk.

Setiap kategori hanya diberi nilai 1 pada kondisi yang sesuai, sedangkan kategori lain diisi 0. Nilai TP, FP, TN, dan FN yang diperoleh menjadi dasar dalam menghitung metrik evaluasi performa sistem.

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian pada penelitian ini adalah sistem deteksi kantuk untuk mendeteksi tanda-tanda kantuk pada pengemudi mobil menggunakan algoritma *Face Mesh*. Sistem ini mencakup perangkat keras seperti kamera untuk menangkap gambar wajah pengemudi dan perangkat lunak untuk menganalisis fitur wajah dan menghitung rasio aspek mata (EAR) dan mulut (MAR). Sistem ini memberikan peringatan kepada pengemudi agar beristirahat, dengan tujuan meningkatkan keselamatan di jalan dan mengurangi risiko kecelakaan.