

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Robot penyambut tamu merupakan salah satu penerapan teknologi robotika dalam bidang pelayanan. Robot ini dirancang untuk membantu menyambut pengunjung, memberikan informasi, serta membantu proses pelayanan di berbagai tempat umum. Seiring dengan perkembangan teknologi, robot penyambut tamu juga dilengkapi dengan berbagai sensor dan teknologi pengolahan citra agar dapat berinteraksi dengan pengguna secara lebih baik.

Beberapa Penelitian mengenai robot penyambut tamu telah banyak dilakukan sebagai bagian dari pengembangan robot service yang berfungsi meningkatkan kualitas pelayanan di ruang publik. Putro & Litouw (2017) mengembangkan robot penyambut costumer berbasis sensor dan PIR yang mampu mendeteksi keberadaan pengunjung dan memberikan salam secara otomatis (Putro & Litouw, 2017). Sistem ini dikendalikan oleh mikrokontroler dan dilengkapi modul suara serta roda omni untuk mobilitas, namun belum menggunakan sistem pengenalan wajah sebagai indentifikasi personal.

Telah dilakukan oleh Ekunkar et al (2021) perancangan humanoid robot receptionist berbasis Arduino yang dapat memberikan salam, robot melakukan gerakan tangan, serta menjawab pertanyaan berdasarkan data yang telah diprogram. Sistem masih menggunakan pendekatan interaksi berbasis sensor jarak dan belum mengintegrasikan pengenalan identitas pengguna (Ekunkar et al., 2021).

Untuk mendukung kemampuan identifikasi tersebut, berbagai metode pengolahan citra digunakan dalam sistem pengenalan wajah. Salah satu pustaka yang banyak digunakan adalah OpenCV yang mendukung deteksi dan pengenalan wajah secara real-time. Pustaka OpenCV dan Dlib juga banyak digunakan dalam pengembangan sistem pengenalan wajah. Suwarno & Kevin (2020) menjelaskan bahwa Dlib memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mengekstraksi fitur wajah karena mampu menghasilkan titik-titik landmark dengan detail yang lebih tinggi dibandingkan OpenCV standar (Suwarno & Kevin, 2020). Akan tetapi, penggunaan Dlib membutuhkan sumber daya komputasi yang lebih besar sehingga perangkat

yang digunakan harus memiliki spesifikasi yang memadai.

Pecolt et al (2025) juga mengembangkan sistem identifikasi berbasis Raspberry Pi untuk kebutuhan kontrol akses. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa dengan pengaturan resolusi dan manajemen memori yang tepat, proses pengenalan wajah dapat dilakukan secara real-time (Pecolt et al., 2025). Namun, penelitian tersebut lebih berfokus pada proses identifikasi dan belum membahas integrasi dengan fitur tambahan seperti suara atau tampilan visual interaktif.

Dalam hal pengelolaan data, Lukman & Santoso (2020) menggunakan pustaka NumPy untuk menyimpan data wajah dalam format file .npy. Penyimpanan dalam bentuk array ini membuat proses pencocokan data menjadi lebih efisien (Lukman & Santoso, 2020). Penelitian tersebut melaporkan tingkat akurasi sebesar 96% dan menunjukkan bahwa penyimpanan data dalam jumlah besar masih dapat dikelola dengan baik tanpa mengurangi kinerja sistem secara signifikan.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengembangan robot penyambut tamu telah banyak dilakukan, baik dari sisi mekanik, interaksi audio-visual, maupun integrasi sistem pengenalan wajah. Namun, masih terbatas penelitian yang secara khusus mengimplementasikan sistem pengenalan wajah berbasis embedded system seperti Raspberry Pi dan mengintegrasikannya secara langsung dengan sistem respons audio dan visual dalam satu platform robot penyambut tamu yang ringkas dan aplikatif.

Oleh karena itu penelitian ini berfokus pada implementasi sistem robot penyambut tamu berbasis Raspberry Pi 5 yang mengintegrasikan pengenalan wajah dengan respons suara dan tampilan visual secara real-time, tanpa melakukan pengembangan algoritma baru, melainkan memanfaatkan library yang telah tersedia.

Tabel 0.1 Perbandingan variabel penelitian

Kategori	Peneliti 1	Peneliti 2	Peneliti 3	Peneliti 4	Peneliti 5
Peneliti & Tahun	Putro & Litouw (2018)	Lukman & Santoso (2020)	Suwarno & Kevin (2020)	Pecolt et al. (2025)	Ekunkar et al. (2021)
Judul Penelitian	Robot Pintar Penyambut Costumer pada Pusat Perbelanjaan Kota Manado.	Robot Penerima Tamu dengan Sistem Pengenalan	Analisis Perbandingan Algoritma Pengenalan Wajah Dlib	Personal Identification Using Embedded Raspberry Pi-Based Face	Humanoid robot sebagai receptionist.

Kategori	Peneliti 1	Peneliti 2	Peneliti 3	Peneliti 4	Peneliti 5
		Wajah dan Suara.	dan OpenCV.	Recognition Systems.	
Kelebihan	Mengintegrasikan sapaan suara dan ekspresi visual untuk interaksi yang lebih humanis.	Menggunakan format .npy yang sangat cepat dalam eksekusi data dan akurasi mencapai 96%.	Dlib memberikan akurasi yang jauh lebih stabil dalam memetakan titik fitur wajah (face landmarks).	Mengoptimalkan performa Raspberry Pi untuk identifikasi personal dan kontrol akses.	interaksi audio-visual dan gerakan humanoid ; mampu menjawab pertanyaan terprogram.
Kekurangan	... Efisiensi penyimpanan dataset wajah belum dioptimalkan untuk skalabilitas jumlah tamu yang besar.	Implementasi pada Jetson Nano memiliki konsumsi daya dan manajemen panas yang berbeda dibanding Raspberry Pi.	Kebutuhan daya komputasi sangat tinggi, menyebabkan <i>lag</i> pada sistem <i>embedded</i> generasi lama.	Tidak membahas integrasi dengan suara atau tampilan visual.	Interaksi masih berbasis sensor jarak, tanpa identifikasi wajah.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem Face Recognition

Face recognition merupakan metode identifikasi biometrik yang memanfaatkan karakteristik wajah sebagai pembeda antar individu. Menurut Muradkhanli & Mammadov Secara umum, sistem face recognition terdiri atas tiga tahapan utama, yaitu deteksi wajah (*face detection*), ekstraksi fitur (*feature extraction*), dan pencocokan (*matching*) dengan database (Muradkhanli & Mammadov, 2022).

Tahap deteksi bertujuan untuk menentukan lokasi wajah pada citra atau frame video. Pendekatan yang digunakan dapat berupa metode klasik seperti Haar Cascade dan Histogram of Oriented Gradients (HOG), maupun metode berbasis deep learning. Pemilihan metode deteksi perlu mempertimbangkan kebutuhan real-time dan keterbatasan sumber daya perangkat.

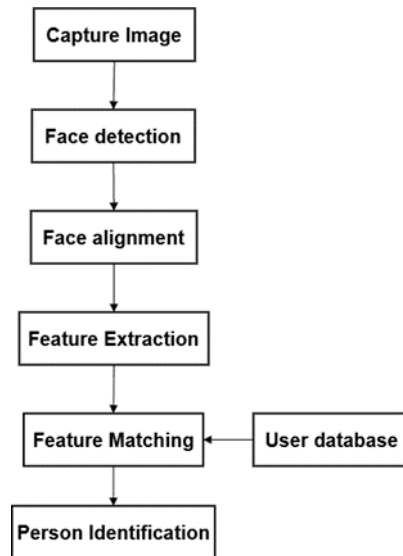
Setelah wajah terdeteksi, sistem melakukan ekstraksi fitur dengan mengubah

citra wajah menjadi representasi numerik yang disebut embedding. Representasi ini berbentuk vektor berdimensi tetap yang memuat ciri khas wajah secara lebih ringkas dan diskriminatif dibandingkan citra mentah. Pendekatan berbasis embedding memungkinkan wajah dari individu yang sama memiliki representasi yang saling berdekatan dalam ruang fitur.

Menurut Alhajim & Fahama tahap pencocokan dilakukan dengan membandingkan embedding wajah baru terhadap seluruh embedding yang tersimpan dalam database menggunakan pendekatan 1:N identification, yaitu satu wajah dibandingkan dengan banyak data referensi untuk menentukan identitasnya (Alhajim & Fahama, 2024). Keputusan identifikasi ditentukan berdasarkan tingkat kemiripan antara vektor fitur yang dibandingkan.

Pada penelitian ini, implementasi sistem face recognition dilakukan menggunakan library `face_recognition` berbasis Python yang dibangun di atas framework `dlib`. Library ini telah menyediakan model pre-trained untuk deteksi wajah menggunakan metode Histogram of Oriented Gradients (HOG) serta ekstraksi fitur wajah dalam bentuk embedding berdimensi 128. Penggunaan library ini memungkinkan sistem diimplementasikan secara efisien tanpa perlu melakukan pelatihan model dari awal, sehingga lebih sesuai untuk perangkat embedded seperti Raspberry Pi 5

Dalam implementasinya, sistem face recognition real-time menghadapi tantangan seperti variasi pencahayaan, jarak kamera, serta sudut pengambilan citra. Oleh karena itu, pemahaman terhadap alur sistem secara menyeluruh diperlukan agar perancangan dapat dilakukan secara terstruktur dan efisien. Secara umum, alur proses dimulai dari pengambilan citra, deteksi wajah, penyelarasan (face alignment), ekstraksi fitur, hingga identifikasi berdasarkan database yang tersedia, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.1.



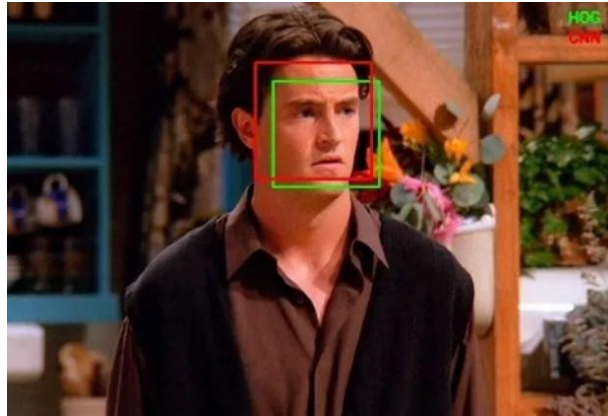
Gambar 2. 1 Proses Face Recognition Sumber: (diadaptasi dari (Verma et al., 2022)).

2.2.2 Face Detection

Face detection merupakan tahap awal dalam sistem pengenalan wajah yang bertujuan untuk menentukan lokasi (bounding box) wajah pada citra atau frame video sebelum dilakukan ekstraksi fitur dan proses identifikasi. Tahap ini bersifat binary classification, yaitu mengklasifikasikan setiap region citra sebagai wajah atau non-wajah.

Pada penelitian ini digunakan pustaka Dlib, yaitu metode berbasis Histogram of Oriented Gradients (HOG) dengan Linear Support Vector Machine (SVM). Menurut Gall dkk HOG + Linear SVM Metode klasik yang menggunakan gradien tepi pada patch gambar sebagai fitur untuk membedakan area wajah dan non-wajah (Gall et al., 2015).

Secara matematis, metode HOG merepresentasikan citra sebagai histogram distribusi orientasi gradien pada setiap sel citra, yang kemudian dinormalisasi dan digabungkan menjadi vektor fitur untuk proses klasifikasi menggunakan linear SVM. HOG bekerja dengan menghitung distribusi orientasi gradien pada patch citra, kemudian fitur tersebut diklasifikasikan menggunakan linear SVM untuk membedakan area wajah dan non-wajah. metode HOG dipilih karena keseimbangan antara kecepatan pemrosesan dan kemampuan deteksi cukup untuk kebutuhan sistem real-time (Gall et al., 2015).



Gambar 2. 2 Ilustrasi Face Detection Menggunakan Metode HOG dan CNN
(Sumber: Diadaptasi dari (Rosebrock, 2021))

2.2.3 Feature Extraction (Face Embedding)

Feature extraction merupakan tahapan dalam sistem pengenalan wajah yang bertujuan untuk mengubah citra wajah menjadi bentuk representasi numerik yang disebut face embedding. Representasi ini berisi karakteristik unik dari wajah dalam bentuk kumpulan nilai numerik sehingga dapat digunakan untuk membandingkan kemiripan antara satu wajah dengan wajah lainnya.

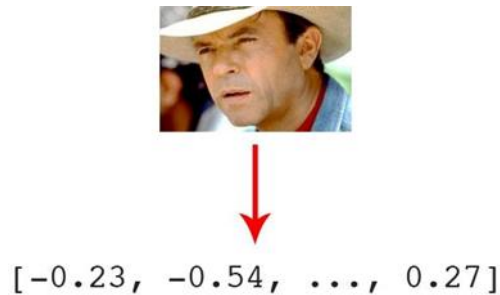
Konsep face embedding menggunakan pendekatan deep metric learning, yaitu metode yang memetakan citra wajah ke dalam ruang fitur tertentu sehingga wajah dari individu yang sama memiliki jarak yang lebih dekat, sedangkan wajah dari individu yang berbeda memiliki jarak yang lebih jauh. Pendekatan ini diperkenalkan pada metode FaceNet yang menghasilkan representasi wajah dalam bentuk vektor fitur dan melakukan pengukuran kemiripan berdasarkan jarak antar vektor (Schroff et al., 2015).

Pada sistem ini, proses ekstraksi fitur wajah dilakukan menggunakan library face_recognition berbasis dlib. Library tersebut menghasilkan face embedding berupa vektor numerik dengan ukuran 128 dimensi yang merepresentasikan karakteristik wajah pengguna. Data embedding yang diperoleh kemudian digunakan sebagai data pembanding pada proses identifikasi wajah.

Proses identifikasi dilakukan dengan membandingkan nilai embedding wajah yang diperoleh dari kamera dengan data embedding wajah pada database menggunakan metode Euclidean Distance. Nilai jarak yang lebih kecil menunjukkan tingkat kemiripan wajah yang lebih tinggi. Berdasarkan nilai tersebut,

sistem menentukan apakah wajah yang terdeteksi termasuk pengguna yang telah terdaftar atau dikategorikan sebagai wajah yang tidak dikenali.

Penggunaan metode face embedding pada sistem ini dipilih karena mampu mengubah informasi visual wajah menjadi data numerik yang dapat diproses secara efisien pada perangkat embedded system seperti Raspberry Pi 5.



Gambar 2. 3 Ilustrasi Ekstraksi Fitur Wajah Menjadi Embedding Numerik
Sumber: Diadaptasi dari (Rosebrock, 2018)

2.2.4 Similarity Calculation

Similarity calculation merupakan tahap perbandingan antara embedding wajah hasil deteksi dengan embedding wajah yang tersimpan dalam database. Tujuan tahap ini adalah mengukur tingkat kemiripan antara dua representasi numerik sehingga dapat ditentukan apakah keduanya berasal dari individu yang sama.

Dalam sistem face recognition berbasis deep learning, setiap wajah direpresentasikan dalam bentuk vektor fitur berdimensi tetap (embedding). Model seperti FaceNet memetakan citra wajah ke dalam ruang fitur berdimensi tinggi (umumnya 128 dimensi), sehingga wajah dari individu yang sama memiliki jarak yang lebih dekat dibandingkan wajah dari individu yang berbeda (Schroff et al., 2015).

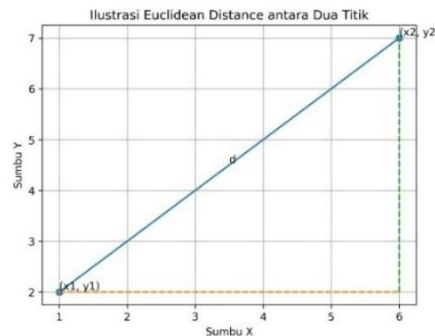
Untuk mengukur jarak antar dua embedding digunakan metode Euclidean Distance yang sumbernya merujuk pada (Schroff et al., 2015), yang didefinisikan sebagai berikut:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

Dimana:

- x_i = *Embedding Wajah baru*
- y_i = *Embedding Wajah dalam Database*
- n = *Jumlah Dimensi Embedding (pada sistem ini $n = 128$)*

Semakin kecil nilai jarak d , semakin tinggi tingkat kemiripan antara dua wajah. Dalam implementasi sistem ini digunakan nilai ambang batas (threshold) sebesar 0,48 sebagai dasar pengambilan keputusan. Jika memenuhi kondisi $d \leq 0,48$ maka wajah dianggap cocok dengan salah satu data yang tersimpan dalam database. Sebaliknya, jika nilai jarak melebihi threshold, maka wajah dinyatakan tidak dikenali yang merujuk pada (Geitgey, 2026). Ilustrasi jarak Euclidean pada ruang dua dimensi dapat dilihat pada Gambar 2.5 sebagai penyederhanaan konsep sebelum diterapkan pada ruang fitur berdimensi 128.



Gambar 2. 4 Ilustrasi Jarak Euclidean Antara Dua Vector

2.2.5 Implementasi Sistem Berbasis Library

Seluruh proses deteksi, ekstraksi fitur, dan pencocokan dilakukan menggunakan library `face_recognition` yang dibangun di atas framework `dlib`. Penggunaan library ini memungkinkan sistem diimplementasikan tanpa melakukan pelatihan model dari awal, karena model telah dilatih sebelumnya (pre-trained model).

Selain itu, sistem memanfaatkan:

- OpenCV untuk akuisisi citra dan tampilan visual,
- NumPy untuk penyimpanan embedding dalam format `.npy`,
- Piper TTS untuk menghasilkan respons suara secara offline.

Pada penelitian ini, implementasi sistem menggunakan beberapa library Python yang mendukung proses pengolahan citra, pengenalan wajah, pengelolaan

data, serta komunikasi audio visual. OpenCV digunakan untuk proses akuisisi citra kamera, manipulasi gambar, dan menampilkan animasi wajah robot secara real-time. Library face_recognition yang berbasis Dlib digunakan untuk proses deteksi wajah dan ekstraksi fitur wajah dalam bentuk embedding numerik. NumPy untuk pengolahan data numerik hasil ekstraksi fitur. Selain itu, sistem menggunakan Piper Text-to-Speech sebagai modul pembangkit suara berbasis neural network yang mampu menghasilkan suara secara offline pada Raspberry Pi 5.

2.2.6 OpenCV

Seluruh proses OpenCV (Open Source Computer Vision Library) merupakan pustaka pengolahan citra dan visi komputer yang bersifat open-source dan banyak digunakan dalam pengembangan sistem berbasis computer vision. OpenCV mendukung berbagai fungsi pemrosesan citra seperti akuisisi gambar dari kamera, konversi warna, deteksi objek, serta penampilan hasil pemrosesan secara real-time.

Dalam penelitian ini, OpenCV digunakan untuk mengakses kamera yang terhubung dengan Raspberry Pi 5, mengambil frame video secara kontinu, serta menampilkan hasil deteksi wajah dalam bentuk bounding box pada layar. Selain itu, OpenCV juga digunakan untuk melakukan konversi format warna dari BGR ke RGB sebelum diproses lebih lanjut oleh sistem pengenalan wajah. Keunggulan OpenCV terletak pada kemampuannya dalam pemrosesan citra real-time dengan konsumsi sumber daya yang relatif ringan, sehingga sesuai digunakan pada perangkat embedded seperti Raspberry Pi.



Gambar 2. 5 Logo OpenCV

2.2.7 Library Face Recognition dari Dlib

Library face_recognition merupakan pustaka Python yang dibangun di atas framework dlib. Dlib merupakan pustaka pemrosesan citra dan machine learning yang banyak digunakan dalam sistem computer vision, khususnya untuk deteksi wajah dan ekstraksi fitur wajah. Library ini menyediakan berbagai model pre-

trained yang memungkinkan proses face recognition dilakukan tanpa pelatihan ulang model dari awal. Dalam implementasi sistem pengenalan wajah, Dlib menyediakan metode deteksi wajah berbasis Histogram of Oriented Gradients (HOG) serta model deep learning untuk menghasilkan representasi fitur wajah dalam bentuk embedding berdimensi 128. Embedding tersebut kemudian digunakan dalam proses pencocokan identitas dengan membandingkan jarak antar vektor fitur menggunakan metode Euclidean Distance. Keunggulan Dlib terletak pada akurasi yang baik serta kemampuannya berjalan cukup efisien pada perangkat embedded seperti Raspberry Pi dan digunakan untuk proses deteksi serta pengenalan wajah. Library ini bekerja dengan mengekstraksi fitur wajah dalam bentuk representasi numerik yang disebut face embedding.

Face embedding merupakan vektor berdimensi 128 yang merepresentasikan karakteristik unik dari suatu wajah. Proses pengenalan dilakukan dengan membandingkan jarak antar vektor embedding menggunakan perhitungan jarak Euclidean. Apabila jarak antar dua embedding berada di bawah ambang batas tertentu (tolerance), maka sistem akan mengidentifikasi wajah tersebut sebagai individu yang sama. Keunggulan penggunaan library face_recognition dalam penelitian ini adalah kemampuannya menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi tanpa perlu melakukan pelatihan model dari awal. Library ini telah memiliki model pre-trained sehingga lebih efisien untuk implementasi sistem pengenalan wajah pada perangkat dengan sumber daya terbatas seperti Raspberry Pi.



Gambar 2. 6 Logo Dlib C++ Library

2.2.8 DNumPy

NumPy (Numerical Python) merupakan library Python yang digunakan untuk melakukan operasi komputasi numerik berbasis array. Library ini banyak digunakan dalam pengolahan data berbentuk matriks maupun array, termasuk pada pengolahan citra dan perhitungan data numerik pada sistem pengenalan wajah.

Pada sistem robot penyambut tamu ini, NumPy digunakan sebagai library pendukung dalam proses pengolahan data wajah dan tampilan animasi robot. Data hasil proses pengenalan wajah berupa nilai numerik dari face encoding diproses menggunakan operasi array untuk menentukan tingkat kemiripan wajah. Pada penelitian ini, NumPy digunakan untuk:

- 1) Menentukan nilai jarak terkecil pada proses pencocokan wajah
NumPy digunakan untuk mencari posisi nilai Euclidean Distance terkecil dari hasil perbandingan wajah input dengan database wajah menggunakan fungsi: `np.argmax()`. Nilai tersebut digunakan oleh sistem untuk menentukan wajah pengguna yang memiliki tingkat kemiripan paling tinggi.
- 2) Mendukung proses pengolahan gambar
NumPy digunakan untuk melakukan manipulasi data citra dalam bentuk array, seperti pembuatan kanvas tampilan robot dan pengolahan channel transparansi pada gambar animasi.
- 3) Mendukung pengolahan data numerik sistem
NumPy membantu pengelolaan data berbentuk array agar proses komputasi pada Raspberry Pi 5 dapat dilakukan secara lebih efisien.



Gambar 2. 7 Logo NumPy sebagai Library Pendukung Face Recognition

2.2.9 Text-to-Speech Piper

. Text-to-Speech (TTS) merupakan teknologi yang digunakan untuk mengubah teks menjadi suara sehingga komputer atau perangkat elektronik dapat memberikan respons secara verbal. Teknologi ini banyak digunakan pada sistem interaksi manusia dan komputer, termasuk pada robot pelayanan.

Pada penelitian ini digunakan Piper Text-to-Speech (TTS) sebagai sistem pembangkit suara. Piper merupakan teknologi TTS berbasis neural network yang mampu menghasilkan suara lebih alami dibandingkan metode sintesis suara konvensional. Piper menggunakan model suara berbasis format ONNX yang memungkinkan proses konversi teks menjadi suara dilakukan secara lokal (offline) tanpa membutuhkan koneksi internet.

Proses kerja Piper dimulai ketika sistem memberikan masukan berupa teks, kemudian model TTS memproses teks tersebut menjadi sinyal suara digital yang dapat diputar melalui speaker. Pada robot penyambut tamu, Piper digunakan untuk menghasilkan suara sapaan berdasarkan hasil pengenalan wajah pengguna, sehingga robot dapat memberikan respons secara interaktif.

Penggunaan Piper TTS dipilih karena memiliki kemampuan berjalan pada perangkat dengan sumber daya terbatas seperti Raspberry Pi 5, menghasilkan suara yang lebih natural, serta mudah diintegrasikan dengan program Python yang digunakan dalam sistem robot.



Gambar 2. 8 Logo Piper TTS sebagai Modul Audio Sistem

2.2.10 Library Pendukung Sistem

Selain menggunakan library utama untuk proses pengenalan wajah dan pengolahan citra, sistem juga menggunakan beberapa library pendukung untuk membantu pengelolaan data, antarmuka pengguna, pengaturan proses, dan komunikasi antarprogram.

- **Os Library**
Library os digunakan untuk mengelola sistem file dan direktori pada perangkat. Pada penelitian ini, os digunakan untuk mengatur lokasi penyimpanan dataset wajah, aset animasi robot, serta pemanggilan lokasi file program.
- **Time Library**
Library time digunakan untuk memberikan pengaturan waktu pada sistem, seperti memberikan jeda saat proses booting Raspberry Pi, mengatur interval pendeteksian wajah, serta mengatur kecepatan animasi robot.
- **Threading**
Digunakan untuk menjalankan beberapa proses secara bersamaan (multithreading), seperti menjalankan animasi mata dan mulut ketika sistem melakukan proses pengenalan wajah atau menghasilkan suara.
- **Subprocess**
Library subprocess digunakan untuk menjalankan program atau proses eksternal dari Python. Pada sistem ini, subprocess digunakan untuk menjalankan program utama robot (main.py), program pengelolaan database (databasenew.py), serta sistem suara Piper Text-to-Speech.
- **Tkinter GUI Library**
Tkinter merupakan library bawaan Python yang digunakan untuk membuat antarmuka grafis (Graphical User Interface/GUI). Pada penelitian ini, Tkinter digunakan untuk membangun sistem administrasi database wajah. Implementasi Tkinter digunakan pada program databasenew.py untuk menyediakan menu:
 - a) Login administrator
 - b) Melihat daftar pengguna
 - c) Menambahkan pengguna baru
 - d) Menghapus data pengguna
 - e) Memilih foto wajah dari file
 - f) menjalankan proses pembaruan database wajah

- Shutil Library

Library shutil digunakan untuk operasi pengelolaan file dan folder. Pada sistem ini, shutil digunakan untuk menghapus folder pengguna beserta data wajah ketika administrator memilih fitur hapus user.

- File Dialog Tkinter

Modul filedialog digunakan untuk memberikan akses pemilihan file melalui antarmuka grafis. Pada fitur tambah user dari foto, modul ini memungkinkan administrator memilih gambar wajah yang sudah tersedia untuk dimasukkan ke dalam dataset.

Library pendukung ini membantu sistem bekerja secara terstruktur dan stabil dalam pengelolaan data serta pengaturan alur program.

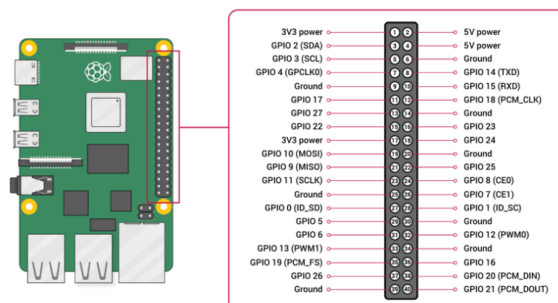
2.2.11 GPIO Raspberry Pi

GPIO (General Purpose Input Output) merupakan pin digital pada Raspberry Pi yang digunakan sebagai media komunikasi antara perangkat lunak dengan perangkat eksternal. Pada penelitian ini GPIO digunakan untuk membaca input tombol fisik.

Konfigurasi GPIO:

Tabel 2. 1 GPIO dan Fungsinya

No	GPIO	Fungsi
1	GPIO 17	Keluar sistem robot
2	GPIO 27	Membuka menu database
3	GPIO 22	Menjalankan kembali program
4	GPIO 16	Shutdown Raspberry Pi



Gambar 2. 9 GPIO Raspberry Pi 5

2.2.12 Software Python

Python merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang bersifat terbuka, pertama kali dikembangkan oleh Guido van Rossum. Karakteristik utamanya yang menekankan pada keterbacaan kode melalui sintaksis sederhana menjadikannya efisien untuk pengembangan prototipe perangkat lunak. Keunggulan Python terletak pada dukungan pustaka (*library*) yang luas, kompatibilitas penuh dengan sistem embedded seperti Raspberry Pi, serta posisinya sebagai standar dalam bidang kecerdasan buatan dan visi komputer.

Pada penelitian ini, sistem dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python. Python dipilih karena memiliki sintaks yang sederhana, dukungan pustaka yang luas untuk pengolahan citra dan kecerdasan buatan, serta kompatibel dengan Raspberry Pi. Library seperti OpenCV, face_recognition, NumPy, dan pytsx3 tersedia dalam Python dan mendukung implementasi sistem secara real-time.



Gambar 2. 10 Logo Python sebagai Bahasa Pemograman

2.2.13 Raspberry Pi 5

Raspberry Pi merupakan single board computer yang digunakan untuk pengembangan sistem embedded berbasis visi komputer. Keunggulannya terletak pada ukuran yang ringkas, konsumsi daya yang rendah, serta dukungan perangkat lunak yang luas Muradkhanli & Mammadov (2022). Dalam penelitian ini, Raspberry Pi 5 dipilih sebagai pusat pemrosesan karena memiliki peningkatan performa dibandingkan generasi sebelumnya. Seluruh proses pengenalan wajah dilakukan secara lokal (edge computing), sehingga sistem tidak bergantung pada koneksi internet. Pendekatan ini meningkatkan kemandirian sistem, tetapi menuntut efisiensi algoritma agar waktu respons tetap optimal



Gambar 2. 11 Raspberry Pi 5

2.2.14 Camera Webcam

Webcam merupakan perangkat akuisisi citra yang berfungsi menangkap gambar secara real-time dan mengirimkan data visual ke unit pemrosesan melalui koneksi USB. Pada sistem ini, webcam digunakan sebagai sensor utama untuk mengambil citra wajah pengguna sebelum dilakukan proses deteksi dan pengenalan wajah.

Kamera yang digunakan adalah UGREEN Webcam Model 35626 dengan resolusi hingga 2K (2560×1440 piksel) pada 30 FPS. Kamera ini dilengkapi fitur automatic focus, field of view (FOV) 91° diagonal, serta fitur penyesuaian warna otomatis yang membantu menghasilkan citra lebih stabil pada berbagai kondisi pencahayaan.

Webcam terhubung ke Raspberry Pi 5 melalui USB. Data gambar yang diperoleh kemudian diproses menggunakan OpenCV sebagai input pada sistem pengenalan wajah secara real-time.

Tabel 2. 2 Spesifikasi Webcam UGREEN Model 35626

No	Parameter	Spesifikasi
1	Merek	UGREEN
2	Model	35626
3	Resolusi	2K (2560×1440 piksel)
4	Frame rate	30 FPS
5	Fokus	Automatic Focus
	FOV	91° diagona
	Koneksi	USB
	Jangkauan gambar	0,5–5 meter



Gambar 2. 12 Camera Webcam Ugreen

2.2.15 *Speaker Mini*

Speker mini merupakan perangkat transduser elektroakustik yang berfungsi mengubah sinyal elektrik menjadi gelombang suara yang dapat didengar oleh manusia.. Secara teknis, speker mini biasanya dihubungkan melalui modul penguat audio (audio amplifier) untuk memastikan intensitas suara yang dihasilkan cukup kuat untuk menjangkau pengguna di lingkungan sekitar robot.

Dalam penelitian ini, speker mini berperan sebagai alat komunikasi atau luaran suara dari robot penyambut tamu. Perangkat ini digunakan untuk menyampaikan salam pembuka, informasi layanan, atau respon interaktif lainnya setelah sistem AI berhasil mendeteksi kehadiran tamu. Integrasi komponen ini sangat penting untuk mendukung aspek humanis robot. Contoh speker mini dapat dilihat pada gambar 2.8



Gambar 2. 13 Speaker Mini

2.2.16 *Display 15,6 inch*

Display Touchscreen 15.6 inci merupakan perangkat antarmuka pengguna (HMI) yang menggabungkan fungsi keluaran visual resolusi tinggi dengan kemampuan masukan data melalui sentuhan jari. Karakteristik layar yang luas memungkinkan tampilan grafis yang informatif dan mudah dibaca,

Dalam sistem robot ini, Display Touchscreen 15 inci berfungsi sebagai wajah digital sekaligus pusat interaksi antara robot dengan tamu. Penggunaannya

mencakup penampilan ekspresi robot. Contoh Display Touchscreen 15 inci dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2. 14 Display 15,6 inch Touchscreen