

BAB II

TINJAUAN LITERATUR

2.1 Penelitian Terdahulu

Computer vision dipahami sebagai salah satu substansi dalam domain kecerdasan buatan yang mengondisikan sistem komputer untuk sanggup mengekstrak, mengolah, menelaah, serta menerjemahkan data visual dari instrumen citra atau rekaman video secara otomatis. Inovasi ini diorientasikan guna menyamai kecakapan visual manusia ketika mengidentifikasi keberadaan objek, bentukan pola, ataupun aktivitas spesifik melalui skema komputasi. Pada ranah aplikatif, *computer vision* mensinergikan pelbagai metodologi manipulasi gambar, isolasi karakteristik (*feature extraction*), serta algoritma *machine learning* demi mentransformasikan komoditas data visual menjadi informasi fungsional. Bersandarkan pandangan Nugroho dan Sela (2024), disiplin *computer vision* bertindak sebagai pilar fundamental dalam perancangan kerangka pelokalan wajah karena memiliki kapabilitas memetakan entitas berdasarkan spesifikasi visual yang melekat pada berkas citra digital. Utilitas *computer vision* saat ini melaju sangat masif selaras dengan tingginya urgensi terhadap kehadiran sistem otomatisasi yang adaptif dioperasikan secara instan.

Peran sentral dari *computer vision* bertumpu pada pelaksanaan akuisisi data visual, pemrosesan material citra, isolasi fitur, identifikasi pola, serta konklusi keputusan yang bersumber dari data optik yang diperoleh. Rangkaian fungsi tersebut memfasilitasi sistem untuk mengeksekusi pelbagai tugas mekanis meliputi penangkapan objek, pembagian wilayah citra (*image*

segmentation), pengenalan area wajah, penelusuran target, hingga penelaahan video secara mandiri. Khusus pada subsistem penangkap wajah, *computer vision* diutilisasikan untuk memetakan eksistensi anatomi wajah manusia pada rekaman gambar atau video, sehingga relevan disematkan pada infrastruktur proteksi, absensi, maupun pengawasan digital (Pratama et al., 2025).

Implementasi praktis *computer vision* telah merambah pelbagai domain strategis, seperti proteksi biometrik, kemudi otonom, ekosistem kesehatan, sektor manufaktur, teknologi robotika, dan pemantauan pintar. Dalam sektor pengamanan, instrumen ini diandalkan untuk mengonstruksikan mekanisme otentikasi wajah serta manajemen hak akses ruang. Pada atmosfer edukasi dan korporasi, *computer vision* dimanfaatkan sebagai motor penggerak presensi otomatis berbasis pengenalan karakteristik wajah. Di samping itu, teknologi ini turut diintegrasikan ke dalam arsitektur pemantauan langsung yang andal dalam memetakan presensi manusia secara otomatis lewat perantara kamera digital (Saragih, 2025).

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Citra Digital

Citra digital diartikan sebagai perwujudan matriks numerik dari sekelompok objek visual atau lanskap riil yang terbentuk atas sebaran elemen piksel. Tiap-tiap komponen piksel mengompilasi representasi derajat intensitas cahaya atau spektrum warna yang menyusun kesatuan gambar. Di dalam ekosistem *computer vision*, citra digital memegang posisi selaku basis data masukan primer yang bakal diekstraksi demi

membuahkan konklusi data tertentu. Proses manipulasi citra digital menjadi fase awal yang bersifat krusial lantaran parameter kualitas visual gambar akan mengintervensi tingkat presisi dari proses pelacakan dan identifikasi objek (Iqbal, Sari, & Ramadhanu, 2024).

2.2.2 Dimensi resolusi visual

Dimensi resolusi visual mempresentasikan densitas total piksel yang mengonstruksikan suatu tampilan gambar. Konfigurasi resolusi yang kian tinggi berimplikasi pada semakin melimpahnya rincian data visual yang didapatkan. Walakin, eskalasi kerapatan piksel tersebut berbanding lurus dengan pembengkakan alokasi ruang penyimpanan serta durasi eksekusi data. Pada arsitektur penangkapan wajah yang beroperasi secara langsung, penentuan level resolusi yang moderat menjadi aspek penentu guna memelihara stabilitas antara tingkat ketepatan dengan akselerasi pemrosesan (Pratama et al., 2025).

2.2.3 Grayscale

Grayscale merupakan tindakan transformasi format visual berona menjadi visual bernuansa abu-abu yang sekadar mengandalkan satu saluran intensitas tunggal. Reduksi menuju bentuk *grayscale* ditujukan guna memangkas komparasi kerumitan kalkulasi numerik tanpa mengeliminasi parameter krusial yang diperlukan dalam prosedur pengenalan objek. Prosedur Haar Cascade pada pustaka OpenCV mayoritas mewajibkan masukan citra berbentuk *grayscale* disebabkan ekstraksi komponen fitur Haar beroperasi jauh lebih efisien ketika

diaplikasikan pada gambar bersaluran warna tunggal (Rochmawati, 2024).

2.2.4 Noise

Noise dipahami sebagai kemunculan distorsi atau gangguan acak pada gambar digital yang dipicu oleh kegagalan penangkapan optik, anomali paparan cahaya, atau interferensi komponen keras komputasi. Hadirnya *noise* berpotensi menurunkan derajat higienitas gambar serta mendegradasi level akurasi pada sistem pelacak wajah. Maka dari itu, implementasi fase prapemrosesan seperti penerapan *median filtering* atau *smoothing* sangat dibutuhkan demi mengeliminasi gangguan sebelum masuk pada inti tahapan pelokalan objek (Sandiva, Yemi, & Ramadhanu, 2024).

2.2.5 Face detection

Face detection didefinisikan sebagai langkah sistematis untuk mendeteksi kehadiran struktur wajah manusia dalam suatu media gambar maupun rekaman video. Target fundamental dari lokalisasi ini ialah memetakan koordinat posisi wajah tanpa dibebani kewajiban mengenali identitas personal dari objek yang tertangkap. Mekanisme pelacak wajah ini jamak dioperasikan sebagai basis komputasi awal pada arsitektur pengenalan wajah (*face recognition*) ataupun instrumen proteksi berbasis karakteristik biometrik (Nugroho & Sela, 2024).

Siklus identifikasi wajah umumnya diawali melalui perekaman materi visual via sensor kamera, yang segera disusul dengan tindakan prapemrosesan berupa konversi menuju citra abu-abu serta peredaman

komponen gangguan. Langkah berikutnya adalah pelaksanaan isolasi karakteristik menggunakan metode spesifik, misalnya komponen *Haar-like Feature* yang tertanam pada algoritma Haar Cascade. Pasca karakteristik visual terisolasi, sistem mengeksekusi proses klasifikasi untuk memvalidasi apakah koordinat gambar tertentu memuat objek wajah atau bukan. Konklusi akhir dari pelacakan tersebut diproyeksikan lewat visualisasi kotak pembatas (*bounding box*) tepat pada area wajah yang berhasil dikenali (Rochmawati, 2024).

2.2.6 Haar-like Feature

Haar-like Feature merepresentasikan jenis fitur yang difungsikan untuk menganalisis disparitas spektrum benderang dan redup pada area gambar. Fitur ini bekerja lewat kalkulasi selisih besaran intensitas piksel dalam orientasi geometris persegi panjang tertentu. Anatomi wajah manusia layaknya indra penglihatan, tulang hidung, serta bagian pipi dapat dipetakan melalui pemanfaatan konfigurasi perbedaan derajat intensitas warna tersebut (Nugroho & Sela, 2024).

Integral Image bertindak sebagai sebuah metodologi akselerasi yang diaplikasikan demi memangkas durasi kalkulasi nilai *Haar-like Feature*. Formulasi ini mengondisikan perhitungan akumulasi intensitas piksel dalam cakupan wilayah tertentu dapat diselesaikan hanya melalui beberapa operasi matematika dasar. Implikasinya, pengerjaan lokalisasi wajah mampu dipacu secara konstan sehingga andal dalam menyokong kebutuhan aplikasi instan (Sandiva et al., 2024).

2.2.7 *AdaBoost (Adaptive Boosting)*

AdaBoost (Adaptive Boosting) merupakan sebuah algoritma pembelajaran mesin yang ditugaskan untuk menyaring sebaran fitur Haar yang memiliki tingkat relevansi tertinggi selama fase klasifikasi. Formulasi ini mengombinasikan sekumpulan klasifikator lemah (*weak classifier*) menjadi satu kesatuan klasifikator kuat (*strong classifier*), yang berakibat pada meningkatnya kapasitas sistem saat membedakan objek wajah dengan objek latar. Integrasi *AdaBoost* memegang andil masif terhadap eskalasi presisi deteksi pada arsitektur Haar Cascade (Sandiva et al., 2024).

2.2.8 *Cascade Classifier*

Cascade Classifier mengacu pada struktur klasifikasi multistap yang didesain untuk memfilter kluster gambar secara gradual. Sektor citra yang terindikasi tidak memiliki kemiripan dengan pola wajah akan langsung dieliminasi pada tingkatan awal, sehingga menyisakan area potensial untuk diolah pada fase berikutnya. Pola pendekatan berjenjang ini efektif menghemat beban kalkulasi komputasi serta memacu ritme kerja identifikasi wajah secara *real-time* (Rochmawati, 2024).

2.2.9 *OpenCV (Open Source Computer Vision Library)*

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) ialah sebuah pustaka piranti lunak nirbayar yang memuat aneka ragam fungsi siap pakai untuk keperluan manipulasi gambar serta implementasi *computer*

vision. Pustaka ini kompatibel dengan pelbagai bahasa pemrograman populer seperti Python, C++, dan Java. Ekosistem ini kerap diandalkan dalam aktivitas riset maupun pengerjaan aplikasi komersial dikarenakan sanggup menyajikan eksekusi algoritma *computer vision* secara komprehensif serta hemat konsumsi daya perangkat (Rochmawati, 2024).

Didalam OpenCV, tersedia modul khusus bernama *CascadeClassifier* yang dirancang untuk menjalankan fungsi algoritma Haar Cascade. Komponen ini memfasilitasi praktisi untuk mengeksekusi pendeteksian wajah dengan memanfaatkan berkas model XML yang telah melalui proses pelatihan data sebelumnya. Pemanfaatan OpenCV pada aktivitas penangkapan objek wajah menawarkan simplisitas dalam hal integrasi sekaligus menyajikan performa yang mumpuni bagi sistem operasional langsung (Silalahi et al., 2024).

2.2.10 Python

Python menempati posisi selaku bahasa pemrograman yang dominan dimanfaatkan dalam ranah *computer vision* berkat sintaksisnya yang lugas, kemudahan adaptasi, serta limpahan pustaka pendukung yang variatif. Sinergi antara Python dengan OpenCV memicu akselerasi dalam merekayasa aplikasi pelacak wajah secara efisien. Di samping itu, Python juga andal dalam memproses aliran data langsung serta

adaptif untuk dikoneksikan dengan aneka inovasi kecerdasan buatan lainnya (Saragih, 2025; Silalahi et al., 2024).

2.2.11 *Real-Time*

Sistem *real-time* diidentifikasi sebagai model komputasi yang wajib memformulasikan respons balik atas input data dalam tenggat rentang waktu yang rigid selaras dengan kebutuhan fungsional aplikasi. Dalam lingkup penangkapan wajah, kapabilitas *real-time* bersifat mutlak lantaran luaran pelacakan kudu dipaparkan seketika pasca gambar ditangkap oleh lensa. Keterlambatan dalam fase pemrosesan berisiko memicu penurunan kualitas performa sistem hingga kekeliruan dalam membaca target objek (Pratama et al., 2025).

2.2.12 *Frame per Second (FPS)*

Frame per Second (FPS) merupakan satuan metrik yang merepresentasikan kuantitas bingkai gambar video yang sanggup dieksekusi dalam skala satu detik. Parameter FPS diaplikasikan selaku instrumen evaluasi efisiensi dari kinerja sistem pelacak wajah langsung. Lonjakan kuantitas FPS merefleksikan kecepatan sistem yang semakin responsif dalam mengolah video sehingga transisi visual hasil deteksi tampak halus. Atas dasar itu, nilai FPS diposisikan sebagai variabel indikator krusial dalam studi optimasi Haar Cascade (Pratama et al., 2025).

Komponen parameter yang menjadi objek kajian dalam penelitian ini mencakup:

1. *Scale Factor* merupakan variabel pengatur yang meregulasi rasio penyusutan dimensi citra pada masing-masing tahapan penelusuran objek. Penentuan indeks yang lebih kecil bakal mendongkrak ketepatan deteksi wajah walau harus mengorbankan kecepatan komputasi, sebaliknya besaran nilai yang tinggi akan memacu ritme kerja pemrosesan namun memicu potensi penurunan akurasi pelacakan (Pratama et al., 2025).
2. *MinNeighbors* meregulasi kuantitas minimum klaster tetangga yang wajib mengitari suatu wilayah kandidat agar sah diklasifikasikan sebagai objek wajah. Pemilihan nilai yang terlampau rendah berisiko memicu lonjakan angka *false positive*, sedangkan patokan nilai yang terlampau tinggi berpotensi mengakibatkan kegagalan penangkapan objek wajah yang sebenarnya ada (Rochmawati, 2024).
3. *MinSize* menentukan batasan dimensi terkecil dari objek yang diizinkan untuk dideteksi oleh sistem. Penerapan parameter ini berfungsi untuk mengabaikan kemunculan objek-objek mikro yang tidak relevan, sehingga mereduksi potensi galat deteksi sekaligus menaikkan taraf efisiensi kerja
4. *Accuracy* merepresentasikan nilai persentase dari kalkulasi prediksi yang terbukti valid dibandingkan kuantitas agregat data pengujian. Parameter ini digunakan untuk menakar kompetensi menyeluruh dari sistem dalam mengidentifikasi wajah secara presisi (Suradi et al., 2023).
5. *Precision* menunjukkan rasio perbandingan antara representasi wajah yang terdeteksi secara benar terhadap agregat seluruh entitas yang diklaim sebagai wajah oleh sistem. Perolehan nilai *precision* yang tinggi menjadi

indikator minimnya tingkat kekeliruan berupa *false positive* (Suradi et al., 2023).

6. *Recall* merefleksikan kapasitas teknis sistem dalam melacak kembali seluruh objek wajah yang sejatinya tersebar dalam instrumen data uji. Optimalnya nilai *recall* menjamin semakin kecilnya probabilitas wajah yang terlewat dari pemindaian sistem (Suradi et al., 2023).
7. *FPS* diaplikasikan guna mengkalkulasi tingkat akselerasi pemrosesan data video pada koridor waktu nyata. Metrik pengujian ini mengekspos kuantitas bingkai gambar yang sanggup diselesaikan oleh perangkat dalam tempo satu detik (Pratama et al., 2025).
8. *Detection Rate* ialah rasio matematis antara kuantitas objek wajah yang berhasil dikenali terhadap total populasi wajah nyata yang termuat dalam berkas pengujian. Metrik evaluasi ini dioperasikan untuk mengukur tingkat efektivitas sistem ketika mengidentifikasi eksistensi wajah di bawah pengaruh fluktuasi latar lingkungan serta intensitas cahaya yang dinamis (Nugroho & Sela, 2024).