

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, implementasi, dan pengujian menyeluruh terhadap sistem absensi *hybrid* berbasis pengenalan wajah yang dikembangkan menggunakan *framework Laravel* dan *Python* dapat disimpulkan bahwa sistem telah memenuhi sebagian besar indikator keberhasilan pengembangan perangkat lunak, baik dari aspek fungsional maupun non-fungsional.

Dari sisi fungsional, seluruh modul utama meliputi manajemen data master (guru, siswa, kelas), penjadwalan pelajaran berbasis *QR Code*, absensi otomatis berbasis pengenalan wajah, absensi manual oleh guru pengajar, serta pelaporan absensi yang komprehensif telah diuji dan beroperasi sesuai dengan spesifikasi kebutuhan yang ditetapkan. Integrasi antar modul berjalan secara konsisten, khususnya dalam sinkronisasi data antara jadwal, siswa, dan sesi absensi, yang mencerminkan terjaganya integritas referensial pada basis data relasional. Sistem juga berhasil menerapkan mekanisme kontrol akses berbasis *role* yang memastikan hanya guru pengajar yang dapat melakukan absensi manual pada jadwal mereka sendiri, sedangkan admin memiliki hak penuh atas manajemen data master.

Dari sisi teknis pengenalan wajah, sistem telah melalui proses eksperimen dan iterasi yang intensif dengan berbagai pendekatan teknologi, mulai dari *OpenCV* dengan *LBPH (Local Binary Patterns Histograms)* hingga evaluasi terhadap *DeepFace*. Implementasi akhir menggunakan kombinasi *face_recognition library* untuk deteksi wajah dan *encoding* berbasis *dlib* telah

memberikan keseimbangan optimal antara akurasi, kecepatan pemrosesan, dan kompatibilitas dengan lingkungan *development* berbasis Windows. Pengujian menunjukkan tingkat akurasi pengenalan wajah sebesar 91,7% dalam kondisi keseluruhan. Waktu respons sistem bervariasi tergantung pada kualitas *input*: dalam kondisi ideal—pencahayaan stabil, latar belakang polos, dan wajah menghadap lurus—sistem mampu menyelesaikan proses absensi dalam rata-rata 2,1 detik. Namun, dalam kondisi *suboptimal*—seperti pencahayaan redup, bayangan kuat, wajah tertutup sebagian, atau sudut ekstrem ($>30^\circ$)—sistem memerlukan waktu lebih lama, yaitu rata-rata 9,1 detik, karena melakukan beberapa kali percobaan deteksi ulang dan *preprocessing* tambahan untuk meningkatkan kemungkinan pengenalan. Meski demikian, durasi ini tetap dalam batas yang dapat diterima untuk kebutuhan operasional sekolah, terutama mengingat adanya *fitur fallback* ke absensi manual.

Fitur hybrid yang menggabungkan absensi otomatis (wajah) dan *QR Code* serta metode absensi manual yang memberikan fleksibilitas dalam berbagai skenario penggunaan, termasuk ketika siswa mengalami kendala teknis atau perlu dicatat dengan status khusus (izin, sakit, alpa). Proses *training* model yang otomatis setelah penambahan atau pembaruan data siswa memastikan bahwa sistem selalu menggunakan data wajah terkini tanpa memerlukan intervensi manual dari administrator.

Dengan demikian, sistem absensi *hybrid* berbasis pengenalan wajah yang dikembangkan tidak hanya mampu memenuhi kebutuhan operasional administrasi kehadiran di lingkungan pendidikan, tetapi juga memberikan kontribusi nyata

terhadap digitalisasi proses, peningkatan akuntabilitas data, dan dukungan pengambilan keputusan berbasis data. Dari sisi kinerja, keandalan, keamanan, dan pengalaman pengguna, sistem ini dapat dinilai sebagai solusi digital yang relevan, berkelanjutan, dan layak untuk diimplementasikan dalam lingkungan pendidikan modern.

6.2 Saran

Sistem absensi *hybrid* bisa dibuat lebih akurat dengan menggabungkan dua teknologi berbeda. Saat ini sistem memakai *library face_recognition* yang berbasis *dlib* karena cukup cepat dan akurat untuk kebanyakan situasi. Namun, ketika hasil pemindaian berada di zona "meragukan"—misalnya nilai kemiripannya hampir menyentuh batas ambang—sebaiknya sistem memanggil *DeepFace* sebagai pengecekan tambahan. Dengan pendekatan dua tahap ini, sistem tetap cepat menangani kasus biasa, namun mampu mencapai tingkat keakuratan lebih dari 98% pada situasi sulit tanpa membuat keseluruhan sistem menjadi lambat.

Proses pelatihan model yang sekarang berjalan ulang dari awal setiap kali ada perubahan data siswa sebaiknya dibuat lebih hemat waktu. Daripada melatih ulang seluruh data yang sudah ada, sistem cukup memproses data siswa yang baru ditambahkan atau diubah saja (*incremental learning*). Selain itu, versi model perlu disimpan secara terpisah agar jika performa menurun, sistem bisa dikembalikan ke versi sebelumnya. Agar guru tidak perlu menunggu lama saat menambah data siswa, proses pelatihan sebaiknya dijalankan di latar belakang menggunakan sistem antrian seperti *Laravel Queue*.

Karena data wajah termasuk informasi pribadi yang sangat sensitif, perlindungan ekstra wajib diterapkan mulai dari penyimpanan hingga pengiriman data. Seluruh gambar dan data *encoding* wajah harus dienkripsi baik saat disimpan di server maupun saat dikirim melalui jaringan. Selain itu, data identitas siswa (seperti NIS dan nama) sebaiknya dipisahkan dari data biometriknya, lalu dihubungkan menggunakan kode acak. Langkah-langkah ini tidak hanya memperkuat keamanan, tetapi juga menunjukkan keseriusan dalam mematuhi aturan privasi seperti GDPR atau UU Perlindungan Data Pribadi Indonesia.

Agar sistem lebih bermanfaat bagi operasional sekolah sehari-hari, perlu ditambahkan fitur yang bekerja secara langsung. Misalnya, *dashboard* yang menampilkan jumlah siswa hadir/tidak hadir secara *real-time* selama jam pelajaran berlangsung. Sistem juga bisa dikembangkan untuk mengirim pemberitahuan otomatis ke orang tua apabila anaknya tidak masuk tanpa keterangan. Lebih jauh lagi, sistem dapat menganalisis pola ketidakhadiran—seperti siswa yang sering bolos—sehingga pihak sekolah bisa segera memberikan pendampingan. Dengan begitu, sistem tidak hanya mencatat absensi, tetapi juga menjadi alat bantu dalam pembinaan siswa.

Pengujian sistem tidak cukup dilakukan hanya di ruang laboratorium dengan kondisi ideal. Sistem harus diuji pula di lingkungan sekolah yang sesungguhnya dengan berbagai tantangan nyata: pencahayaan yang berubah-ubah (terlalu terang, redup, atau silau), beragam jenis kamera HP termasuk yang berkualitas rendah, serta ketahanan sistem setelah digunakan berkali-kali dalam jumlah besar. Selain itu, masukan langsung dari guru dan siswa perlu

dikumpulkan untuk menilai seberapa mudah, andal, dan dapat dipercaya sistem ini dalam penggunaan jangka panjang.

Walaupun sistem dirancang agar bekerja secara otomatis, tetap diperlukan opsi cadangan jika pemindaian wajah gagal. Fitur absensi manual dengan memasukkan NIS harus tetap tersedia dan mudah diakses. Untuk membantu siswa mendapatkan hasil pemindaian terbaik, tampilan kamera bisa dilengkapi panduan visual seperti lingkaran atau animasi yang menunjukkan posisi wajah yang ideal. Selain itu, semua kegagalan sistem perlu dicatat secara rinci dalam *log error* agar tim pengembang bisa cepat mendiagnosis dan memperbaiki masalah tanpa mengganggu aktivitas belajar-mengajar.

Sebagai karya akademik, sistem ini dapat diperkaya melalui penelitian lanjutan. Misalnya, membandingkan efektivitas absensi berbasis wajah dengan cara konvensional seperti daftar hadir manual atau kartu RFID untuk mengukur penghematan waktu dan penurunan kesalahan administrasi. Pengujian performa berbagai algoritma pengenalan wajah (seperti *LBPH*, *dlib*, dan *DeepFace*) dalam konteks sekolah Indonesia juga bisa memberikan referensi teknis bagi pengembang lain. Terakhir, survei tentang faktor-faktor yang memengaruhi penerimaan sistem oleh guru dan siswa—seperti tingkat kepercayaan, kemudahan penggunaan, dan kekhawatiran privasi—akan memperkaya aspek interaksi manusia dan teknologi dalam sistem ini.