

BAB 5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Bedasarkan hasil penelitian *face recognition* menggunakan algoritma CNN dengan arsitektur ResNet-50 didapatkan hasil yaitu:

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur ResNet-50 mampu menghasilkan tingkat akurasi yang sangat tinggi dalam pengenalan wajah. Berdasarkan evaluasi menggunakan *confusion matrix* terhadap data uji sebanyak 4.860 gambar yang terdiri dari 54 kelas identitas wajah, model memperoleh akurasi, *recall*, dan *precision* masing-masing sebesar 100%. Selain itu, nilai *loss* yang sangat rendah, yaitu sebesar 0,06%, menunjukkan bahwa model mampu melakukan generalisasi dengan sangat baik terhadap data yang tidak dilatih sebelumnya. Capaian ini mengindikasikan bahwa arsitektur ResNet-50 sangat andal dalam mengenali dan membedakan wajah dari berbagai individu dengan presisi tinggi, sehingga layak digunakan dalam sistem pengenalan wajah berbasis kecerdasan buatan.
2. Dalam hal kecepatan respon, model ResNet-50 juga menunjukkan performa waktu yang cepat. Pengujian terhadap 4.860 gambar uji memperlihatkan bahwa keseluruhan proses klasifikasi dapat diselesaikan dalam waktu 54 detik, dengan rata-rata waktu pemrosesan sebesar 0,0104 detik per gambar. Artinya, sistem mampu mengidentifikasi wajah dalam waktu yang sangat singkat, mendekati waktu nyata (*real-time*), yang merupakan aspek krusial dalam penerapan teknologi pengenalan wajah di dunia nyata, seperti pada sistem keamanan, absensi otomatis, atau verifikasi identitas. Dengan tingkat akurasi tinggi yang disertai dengan waktu respon yang cepat, model ini terbukti tidak hanya akurat tetapi juga praktis untuk diimplementasikan pada aplikasi dengan kebutuhan performa tinggi.
3. Hasil pengujian model dalam simulasi presensi menggunakan prototype web dengan menggunakan 5 data mahasiswa sebagai uji coba. Didapatkan hasil seluruh mahasiswa dapat dideteksi dengan nilai rata-rata *confidence* adalah 88,08%. Hasil ini menjadikan model dapat diandalkan dalam melakukan *face recognition* untuk kebutuhan presensi dengan menampilkan atribut presensi berupa nama dan jam masuk.

5.2. Saran

Hasil penelitian ini masih memiliki ruang untuk perbaikan dan pengembangan lebih lanjut. Oleh karena itu, beberapa saran yang dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya antara lain:

1. Pengembangan dalam pemanfaatan bahasa pemrograman lain

Meskipun sistem dibangun menggunakan Python, penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi pengembangan lintas platform menggunakan bahasa lain seperti JavaScript (melalui TensorFlow.js) atau C++ untuk embedded system, agar sistem lebih fleksibel dan mudah diintegrasikan dengan perangkat keras atau aplikasi berbasis web/mobile.

2. **Perbandingan dengan arsitektur model CNN lain**
Penelitian ini menggunakan ResNet-50 sebagai arsitektur tunggal. Disarankan untuk melakukan perbandingan kinerja dengan arsitektur lain seperti MobileNetV2, EfficientNet, atau InceptionV3 agar dapat diketahui arsitektur mana yang paling optimal untuk pengenalan wajah dalam konteks sistem presensi.
3. **Penggunaan perangkat kamera dengan spesifikasi lebih stabil**
Penelitian mendatang disarankan untuk menggunakan kamera dengan kontrol manual terhadap resolusi dan pencahayaan, atau kamera yang mendukung *Output* gambar statis berkualitas tinggi (bukan hanya dari rekaman video), guna menjamin konsistensi kualitas data wajah.
4. **Standarisasi resolusi *Input* citra**
Karena video pada penelitian ini menghasilkan resolusi yang bervariasi (478×850, 720×1280, 1080×1920), maka disarankan untuk melakukan normalisasi resolusi citra hasil ekstraksi agar data antar kelas lebih seragam. Alternatif lainnya adalah merekam seluruh data pada resolusi tetap sejak awal pengambilan.
5. **Optimalisasi teknik pengambilan video**
Format pengambilan video 180 derajat dari bahu ke bahu dapat ditingkatkan dengan menambahkan panduan posisi wajah (misalnya *bounding box* live) selama perekaman agar wajah tetap berada pada area deteksi dan tidak terlalu jauh dari kamera.
6. **Pengaturan durasi video dan jumlah *frame* tetap**
Disarankan untuk menetapkan durasi video dan jumlah *frame* yang diekstrak secara konsisten per kelas, misalnya dengan menggunakan nilai FPS terkecil dan durasi tetap, agar jumlah citra hasil ekstraksi tidak bervariasi dan seimbang antar kelas.
7. **Standarisasi kondisi pengambilan gambar**
Untuk meningkatkan kualitas dataset, disarankan agar proses pengambilan data memperhatikan intensitas cahaya yang stabil, latar belakang netral, jarak wajah yang seragam, serta variasi ekspresi yang dikendalikan (netral, senyum, frontal, dll.).
8. **Penerapan prosedur privasi dan etika data**
Mekanisme penggunaan identitas anonim perlu diformalkan dengan prosedur persetujuan (*informed consent*), serta integrasi fitur enkripsi nama atau pengaburan metadata untuk menjaga keamanan dan privasi data mahasiswa.
9. **Eksplorasi metode preprocessing lanjutan**
Selain *resize* dengan *interpolasi* Lanczos, disarankan untuk mengevaluasi penggunaan metode lain seperti face alignment, CLAHE, atau color normalization untuk memperkuat kualitas citra sebelum masuk ke proses pelatihan model.
10. **Penambahan jenis augmentasi yang lebih beragam**
Augmentasi saat ini terbatas pada translasi dan rotasi. Disarankan untuk menambahkan augmentasi seperti perubahan pencahayaan, *flipping*, *zooming*, dan blur simulasi agar model menjadi lebih robust terhadap kondisi nyata.

11. Integrasi langsung dengan perangkat presensi

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menghubungkan sistem dengan perangkat seperti kamera presensi, sensor kehadiran, atau bahkan alat absensi RFID untuk membangun sistem hybrid yang lebih akurat dan praktis digunakan di kelas.

12. Sinkronisasi dengan sistem akademik kampus

Untuk mendukung akuntabilitas kehadiran, sistem presensi berbasis wajah disarankan terintegrasi langsung dengan kontrak kehadiran dosen dan sistem akademik kampus (misalnya SIAKAD), sehingga hasil absensi dapat digunakan secara administratif.

13. Pengujian sistem lintas perangkat dan platform

Karena sistem saat ini hanya berjalan di perangkat lokal peneliti, maka pengujian lintas platform (PC, laptop, mobile, Raspberry Pi) sangat disarankan guna memastikan performa sistem tetap stabil dalam berbagai konfigurasi perangkat keras.

14. Distribusi sistem dalam bentuk aplikasi atau layanan berbasis cloud

Untuk memudahkan pemanfaatan sistem oleh dosen dan mahasiswa, luaran sistem presensi dapat dikembangkan ke dalam bentuk aplikasi web responsif atau layanan cloud, yang mendukung autentikasi wajah real-time dan penyimpanan data terpusat.