

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian sistem pengenalan wajah berbasis CCTV menggunakan MTCNN, ArcFace, *Face Image Quality Assessment* (FIQA), serta pemrosesan *multithreading*, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Penggunaan *multithreading* terbukti meningkatkan performa sistem dalam pemrosesan *real-time*. Hal ini ditunjukkan dengan peningkatan nilai *frame per second* (FPS) pada seluruh skenario pengujian. Peningkatan FPS berkisar antara sekitar 19% hingga 38% dibandingkan sistem tanpa *multithreading*. Selain itu, penggunaan CPU menjadi lebih efisien pada beberapa kondisi, meskipun terdapat peningkatan waktu inferensi pada skenario dengan beban komputasi tinggi. Dengan demikian, *multithreading* efektif dalam meningkatkan *throughput* sistem, meskipun terdapat *trade-off* terhadap waktu pemrosesan per frame.
- b. Penerapan *Face Image Quality Assessment* (FIQA) mampu meningkatkan efisiensi sistem, namun memiliki dampak terhadap jumlah pengenalan wajah. FIQA berfungsi sebagai mekanisme penyaringan citra wajah sehingga jumlah wajah yang diproses berkurang. Hal ini berdampak pada peningkatan FPS dan penurunan beban komputasi. Namun demikian, hasil pengujian menunjukkan bahwa jumlah wajah yang berhasil dikenali (*faces_known*) juga mengalami penurunan, yang mengindikasikan adanya *trade-off* antara efisiensi pemrosesan dan jumlah data yang dapat dikenali. Oleh karena itu, penggunaan FIQA perlu mempertimbangkan keseimbangan antara efisiensi dan kebutuhan akurasi.
- c. Kondisi lingkungan memiliki pengaruh signifikan terhadap performa sistem. Pada skenario tanpa wajah, sistem mampu menghindari deteksi palsu dengan baik. Pada kondisi satu orang diam, sistem menunjukkan performa terbaik dengan nilai FPS tinggi dan waktu inferensi relatif rendah. Sebaliknya, pada kondisi satu orang bergerak, terjadi penurunan performa akibat efek *motion*

blur dan perubahan pose. Pada skenario dengan lebih dari satu individu, beban komputasi meningkat yang berdampak pada peningkatan waktu inferensi. Selain itu, kondisi pencahayaan rendah menyebabkan penurunan jumlah wajah yang dikenali secara signifikan.

- d. Performa sistem merupakan hasil interaksi antara metode yang digunakan dan karakteristik data input. Kombinasi MTCNN, ArcFace, FIQA, dan *multithreading* mampu menghasilkan sistem yang bekerja secara *real-time* dan cukup stabil pada berbagai kondisi. Namun, performa sistem tidak hanya ditentukan oleh algoritma, melainkan juga dipengaruhi oleh kualitas citra, jumlah objek, dan kondisi lingkungan.
- e. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan telah memenuhi tujuan pengembangan perangkat lunak. Sistem mampu melakukan deteksi dan pengenalan wajah secara *real-time* dengan performa yang terukur, serta menunjukkan adanya peningkatan efisiensi melalui penerapan *multithreading* dan FIQA. Meskipun demikian, masih terdapat *trade-off* antara efisiensi dan akurasi yang perlu diperhatikan dalam pengembangan lebih lanjut.

5.2. Saran

Untuk pengembangan perangkat lunak selanjutnya, beberapa saran yang dapat diberikan adalah :

- a. Penggunaan model deteksi wajah yang lebih ringan. MTCNN dapat digantikan dengan model yang lebih cepat untuk meningkatkan FPS lebih lanjut.
- b. Pengembangan FIQA berbasis deep learning. Metode FIQA yang digunakan masih berbasis aturan sederhana. Pendekatan berbasis CNN untuk penilaian kualitas wajah dapat meningkatkan ketetapan seleksi citra.
- c. Optimasi perangkat dengan GPU. Implementasi pada perangkat dengan GPU dapat memperluas kemampuan sistem untuk menangani jumlah kamera yang lebih banyak.
- d. Penanganan kondisi pencahayaan ekstrim. Integrasi teknik *image enhancement* dapat membantu meningkatkan akurasi pada kondisi cahaya rendah.

- e. Evaluasi pada skala dataset lebih besar. Pengujian dengan lebih banyak identitas dan variasi lingkungan akan memberikan gambaran performa sistem yang lebih komprehensif.
- f. Pengembangan menuju Arsitektur *Edge Computing*. Sistem dapat dikembangkan menuju arsitektur *edge computing* dimana proses pengolahan tidak terpusat pada satu perangkat melainkan dibagi ke beberapa *node* di dekat sumber data.
- g. Skalabilitas penyimpanan dan manajemen data. Seiring meningkatnya jumlah identitas dan data wajah yang disimpan, sistem perlu mempertimbangkan penggunaan database vektor untuk pencarian embedding berskala besar, manajemen penyimpanan hasil citra, dan mekanisme retensi data untuk mencegah penyimpanan yang membengkak.