

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa sistem verifikasi sidik jari berbasis *edge computing* mampu memberikan kinerja yang andal dan efisien untuk mendukung otomatisasi proses *boarding* di lingkungan maritim. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi, mencapai 98,6% pada kondisi normal dan 95,2% pada kondisi tangan basah, dengan nilai *Equal Error Rate* (EER) di bawah 2%. Temuan ini menegaskan bahwa sistem memiliki performa identifikasi yang layak untuk dioperasikan pada situasi nyata dengan tingkat kesalahan yang relatif rendah.

Dari sisi kinerja operasional, perangkat *edge* menunjukkan waktu respons yang cepat dengan latensi rata-rata 180–210 milidetik, serta *throughput* hingga 22 orang per menit per jalur dalam kondisi normal. Nilai tersebut menandakan efisiensi yang cukup tinggi untuk mendukung proses *boarding* di dermaga dengan volume penumpang kecil hingga menengah. Ketahanan sistem terhadap kondisi lingkungan juga menunjukkan hasil positif. Meskipun kelembapan tinggi dan suhu fluktuatif meningkatkan tingkat kesalahan penolakan (*False Rejection Rate*), sistem tetap berfungsi stabil dan dapat digunakan secara konsisten. Hal ini membuktikan bahwa rancangan sensor dan perangkat lunak mampu beradaptasi terhadap variabel lingkungan khas area pelabuhan dan kapal.

Selain itu, arsitektur *offline-tolerant* yang diimplementasikan terbukti efektif dalam menjaga keberlangsungan proses operasional. Tingkat keberhasilan sinkronisasi data mencapai 97,8%, dengan *uptime* sistem sebesar 99%. Dengan demikian, sistem mampu memastikan integritas dan konsistensi data meskipun jaringan internet tidak selalu stabil. Secara keseluruhan, penerapan sistem ini memberikan dampak operasional yang signifikan. Waktu *boarding* berkurang hingga 43% pada kondisi normal dan 35% pada kondisi tangan basah dibandingkan metode manual. Persepsi pengguna terhadap sistem juga sangat positif, dengan tingkat kepuasan operator mencapai 4,6 dari 5 dan kru kapal 4,4 dari 5. Mayoritas pengguna menilai sistem lebih cepat dan efisien, meskipun menyarankan adanya fitur tambahan seperti peringatan otomatis untuk membersihkan sensor sebelum pemindaian.

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, beberapa aspek perlu ditingkatkan agar sistem dapat diimplementasikan secara luas dan berkelanjutan. Pertama, diperlukan peningkatan adaptivitas sistem melalui penerapan metode *best-of-k scan* dan notifikasi otomatis seperti “usap sensor” guna mengatasi permasalahan identifikasi pada kondisi tangan basah atau kotor.

Kedua, optimalisasi pada sisi perangkat *edge* dapat dilakukan dengan menyesuaikan *baud rate* komunikasi serial, penerapan *core pinning*, serta isolasi beban antar-lane agar latensi semakin rendah dan *throughput* meningkat.

Ketiga, untuk meningkatkan ketahanan perangkat di lingkungan maritim, disarankan penggunaan sensor dengan perlindungan IP65 atau IP67 serta penerapan prosedur pemeliharaan rutin agar performa sensor tetap stabil meski dalam kondisi lembap dan berdebu.

Keempat, sistem sebaiknya dikembangkan dengan dua mode keamanan, yaitu *Normal* dan *High Security*, agar fleksibel digunakan pada pelabuhan atau rute pelayaran dengan tingkat risiko berbeda.

Terakhir, perlu dilakukan uji lapangan skala penuh pada kapal komersial atau pelabuhan aktif. Uji ini penting untuk menilai performa sistem dalam kondisi operasional nyata, termasuk integrasi dengan sistem tiket dan manifest nasional. Melalui pengujian tersebut, sistem dapat disempurnakan menjadi solusi biometrik maritim yang andal, efisien, dan sesuai dengan kebutuhan operasional di lapangan.

