

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, perancangan, pengembangan, dan evaluasi sistem yang telah diuraikan secara komprehensif pada Bab 4, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan utama yang secara langsung menjawab setiap butir rumusan masalah penelitian sebagai berikut :

1. Sebuah prototipe aplikasi *mobile* untuk pemindaian *boarding pass* otomatis telah berhasil dikembangkan menggunakan pendekatan ADDIE. Proses ini secara efektif menerjemahkan kebutuhan di lapangan yaitu mengatasi potensi inefisiensi proses manual menjadi sebuah artefak perangkat lunak yang fungsional. Aplikasi yang dihasilkan telah terverifikasi mampu memindai QR Code standar IATA BCBP, melakukan validasi data, dan mengirimkannya ke server, sesuai dengan rancangan alur kerja yang telah ditetapkan.
2. Sistem yang dikembangkan telah menunjukkan kemampuannya untuk mengumpulkan data penumpang secara *real-time* melalui *Application Programming Interface* (API) yang terintegrasi. Komponen inti dari pengumpulan data ini, yaitu *parser* kustom untuk data IATA BCBP, telah berhasil diimplementasikan dan diverifikasi melalui Pengujian Struktural (*White-Box Testing*). Hasil pengujian menunjukkan bahwa *parser* mampu mengekstrak informasi secara akurat, yang menjadi fondasi penting untuk menjamin integritas data di seluruh sistem.
3. Sebuah prototipe *dashboard* berbasis web untuk monitoring data penumpang telah berhasil dibangun. Fungsionalitas esensial dari *dashboard* ini, seperti menampilkan data agregat penumpang dan menyediakan fitur penyaringan data, telah divalidasi melalui Pengujian Fungsional (*Black-Box Testing*) dan terbukti berjalan sesuai dengan spesifikasi. *Dashboard* ini berfungsi sebagai *proof-of-concept* untuk menyediakan visibilitas operasional bagi manajemen bandara.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah ditarik serta dengan mempertimbangkan batasan-batasan yang ada dalam penelitian ini, diajukan beberapa saran yang bersifat konstruktif. Saran-saran berikut diperuntukan pengembangan sistem lebih lanjut guna meningkatkan fungsionalitas dan keandalannya :

a. Implementasi Arsitektur *Offline-First*

Sistem yang dikembangkan saat ini bergantung pada koneksi internet stabil, namun kondisi jaringan di area bandara, terutama di zona *airside* seperti gerbang keberangkatan, seringkali tidak dapat diprediksi dan berisiko mengalami gangguan. Ketika koneksi terputus saat proses *boarding*, aplikasi tidak dapat digunakan dan petugas harus beralih ke metode manual, sehingga menghilangkan manfaat utama sistem. Oleh karena itu, pendekatan arsitektur *offline-first* menjadi kebutuhan penting untuk memastikan aplikasi tetap dapat melakukan pemindaian dan pencatatan data secara lokal meskipun tanpa koneksi internet. Implementasinya mencakup penggunaan basis data lokal seperti SQLite (melalui *library Room*) sebagai sumber data utama, serta layanan sinkronisasi otomatis di latar belakang menggunakan *WorkManager* untuk menjamin data tetap tersimpan dan tersinkron saat koneksi tersedia kembali.

b. Integrasi Verifikasi Biometrik untuk Keamanan dan Efisiensi Lanjutan

Sistem saat ini telah berhasil memodernisasi proses boarding melalui pemindaian *QR Code* sebagai pengganti validasi dokumen fisik, dan langkah selanjutnya yang sejalan dengan tren *Global Smart Airport* adalah transisi menuju perjalanan penumpang nirsentuh berbasis *biometrik*. Arsitektur yang ada, dengan pemanfaatan kamera perangkat *mobile* dan validasi melalui API, sudah menjadi fondasi ideal untuk pengembangan ini. Keberhasilan bandara seperti Changi dengan program FAST dan Schiphol dengan *Seamless Flow* menunjukkan efektivitas *biometrik* dalam mempercepat dan mengamankan alur penumpang. Survei IATA 2024 juga mendukung adopsi ini, dengan 75% penumpang lebih memilih biometrik dibandingkan dokumen tradisional. Selain meningkatkan efisiensi seperti pada uji coba Delta Air Lines yang

memangkas rata-rata sembilan menit waktu boarding. Biometrik juga meningkatkan keamanan dengan mempersulit pemalsuan identitas.

c. Perluasan Fungsionalitas *Dashboard* dengan Analitik Prediktif

Dashboard saat ini telah menyajikan analitik deskriptif secara efektif, namun untuk memberikan nilai strategis yang lebih besar bagi manajemen bandara, perlu ditingkatkan menjadi analitik prediktif yang mampu meramalkan tantangan operasional sebelum terjadi. Dengan memanfaatkan data *real-time* yang telah dikumpulkan, sistem dapat disempurnakan melalui penerapan model *machine learning*, sehingga *dashboard* bertransformasi dari alat pemantauan pasif menjadi sistem pendukung keputusan strategis. Pendekatan ini memungkinkan alokasi sumber daya secara proaktif untuk mencegah kepadatan. Data deret waktu seperti waktu pemindaian dan jumlah penumpang per penerbangan sangat cocok digunakan sebagai input untuk model prediktif seperti *Spatial Temporal Graph Neural Networks* (STGNN), yang telah terbukti efektif dalam meramalkan kepadatan alur penumpang.

d. Implementasi Sistem Notifikasi Proaktif

Komponen kunci dalam *Airport Operations Management System* (AOMS) modern adalah kemampuannya menyampaikan informasi kritikal secara instan kepada pemangku kepentingan yang relevan. Saat ini, sistem hanya menyediakan visualisasi data secara pasif, di mana pengguna harus aktif mengakses *dashboard* untuk memperoleh informasi. Dengan menambahkan lapisan notifikasi proaktif, sistem akan memiliki nilai operasional yang lebih tinggi karena informasi penting dapat langsung didorong kepada pengguna, memungkinkan respons yang lebih cepat dan efisien terhadap situasi operasional.

Untuk memberikan panduan strategis yang lebih jelas bagi PT Angkasa Pura II atau pengembang selanjutnya, matriks rekomendasi berikut disajikan. Matriks ini merangkum saran-saran pengembangan dalam format yang mudah dipahami, memungkinkan pengambilan keputusan yang terprioritaskan berdasarkan analisis biaya-manfaat (upaya vs. dampak).

Tabel 5.1 Matriks Rekomendasi Pengembangan Sistem

Rekomendasi Fitur	Manfaat yang Diharapkan	Potensi Kompleksitas Implementasi	Keterangan
Arsitektur Offline-First	Peningkatan keandalan sistem, kontinuitas operasional saat koneksi terputus, menghilangkan risiko kehilangan data.	Medium	Memerlukan perubahan arsitektur data pada aplikasi <i>mobile</i> dan implementasi mekanisme sinkronisasi.
Integrasi Biometrik Wajah	Peningkatan keamanan, percepatan proses <i>boarding</i> , pengalaman penumpang yang <i>touchless</i> dan modern.	Tinggi	Melibatkan integrasi SDK baru, pengelolaan data biometrik yang sensitif, dan isu privasi/regulasi.
Analitik Prediktif	Memungkinkan pengambilan keputusan proaktif, optimasi alokasi staf, dan pencegahan kepadatan sebelum terjadi.	Tinggi	Membutuhkan keahlian <i>data science</i> , pengembangan model ML, dan volume data historis yang cukup.
Sistem Notifikasi Proaktif	Peningkatan kesadaran situasional (<i>situational awareness</i>) manajemen, respons lebih cepat terhadap insiden operasional.	Rendah	Dapat diimplementasikan menggunakan layanan <i>push notification</i> yang sudah ada dengan logika <i>trigger</i> di <i>backend</i> .