E-ISSN : 2988-1986
https://ejournal.cahayailmubangsa.institute/index.php/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 11 No 1 Tahun 2026

OPTIMALISASI ANALISIS PENDAPATAN NON-AERONAUTIKA BANDARA MELALUI PENGEMBANGAN DASHBOARD INTERAKTIF DAN SISTEM VERIFIKASI BERBASIS STREAMLIT

Anindo Saka Fitri[1*], Ishna Shetia Shahadatina [2], Maesy Azzika Anansa [3], Ilham Fajriansyah [4], Muhammad Jordan Sulaeman [5]

[1,2,3,4,5] Program Studi Sistem Informasi, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

E-mail: anindo.saka.si@upnjatim.ac.id [1], 23082010204@student.upnjatim.ac.id [2], 23082010001@student.upnjatim.ac.id [3], 23082010224@student.upnjatim.ac.idh [4], 23082010232@student.upnjatim.ac.id [5]

ABSTRACT

Non-aeronautical revenue has become a strategic component for modern airport operators, yet at PT Angkasa Pura Indonesia's Juanda International Airport branch the recording of tenant revenue, revenue sharing, accrual, and passenger traffic data was still performed manually through scattered Microsoft Excel files, making it prone to human error, duplication, and data discrepancy across terminals. This study aims to design and develop the Dashboard APS Non-Aeronautical, a web-based Business Intelligence system that integrates non-aeronautical revenue data into a single centralized platform using the Python Streamlit framework and a PostgreSQL database. The system was built following a system development life cycle, beginning with business-process analysis, the design of an Entity Relationship Diagram of seven entities, physical schema implementation through Data Definition Language, data cleansing and validation, and the construction of eight functional modules: Overview, Revenue Sharing, Accrual & Billing, Room Database, Lease Contract, Data Import Manager, Traffic Monitor, and Data Verification. A rule-based system applying forward chaining was implemented on the authentication module to enforce Role-Based Access Control, while anomaly-detection techniques were embedded in the Data Verification module to safeguard data integrity. The results show that the dashboard successfully replaces the fragmented manual process with a centralized, real-time, and auditable platform, presenting seven key performance indicators and enabling faster, data-driven decision making for airport management. The system also strengthens data accountability through tiered access rights and an audit trail of upload activity.

Keywords: Business Intelligence, Non-Aeronautical Revenue, Interactive Dashboard, Streamlit, Data Verification

ABSTRAK

Pendapatan non-aeronautika telah menjadi komponen strategis bagi pengelola bandar udara modern, namun pada PT Angkasa Pura Indonesia Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya pencatatan data pendapatan tenant, bagi hasil (revenue sharing), akrual, serta lalu lintas penumpang masih dilakukan

Article History
Received : Juni 2026
Reviewed: Juni 2026
Published: Juni 2026

Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

secara manual menggunakan berkas Microsoft Excel yang tersebar di berbagai terminal sehingga rawan terhadap galat manusia, duplikasi, dan selisih data antar-terminal. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan Dashboard APS Non-Aeronautical, yaitu sistem Business Intelligence berbasis web yang mengintegrasikan data pendapatan non-aeronautika ke dalam satu platform terpusat dengan memanfaatkan framework Python Streamlit dan basis data PostgreSQL. Sistem dibangun melalui tahapan pengembangan yang sistematis, dimulai dari analisis proses bisnis, perancangan Entity Relationship Diagram tujuh entitas, implementasi skema fisik melalui Data Definition Language, pembersihan dan validasi data, hingga pembangunan delapan modul fungsional, yakni Overview, Revenue Sharing, Accrual & Billing, Room Database, Lease Contract, Data Import Manager, Traffic Monitor, dan Data Verification. Sistem berbasis aturan (rule-based) dengan penalaran maju (forward chaining) diterapkan pada modul otentikasi untuk menegakkan Role-Based Access Control, sementara teknik deteksi anomali ditanamkan pada modul Data Verification guna menjaga integritas data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dashboard berhasil menggantikan proses manual yang terfragmentasi menjadi platform terpusat yang real-time dan mudah ditelusuri, menyajikan tujuh indikator kinerja utama, serta mempercepat pengambilan keputusan berbasis data bagi manajemen bandara. Sistem juga memperkuat akuntabilitas data melalui hak akses berjenjang dan audit trail riwayat aktivitas unggahan.

Kata Kunci: ***Business Intelligence, Pendapatan Non-Aeronautika, Dashboard Interaktif, Streamlit, Verifikasi Data***

1. PENDAHULUAN

Dalam industri penerbangan modern, bandar udara tidak lagi semata-mata mengandalkan pendapatan aeronautika seperti jasa pendaratan, penempatan, dan parkir pesawat. Pendapatan non-aeronautika yang bersumber dari penyewaan ruang komersial, konsesi ritel, makanan dan minuman, periklanan, hingga bagi hasil dengan tenant telah bergeser menjadi komponen strategis utama yang berkontribusi besar terhadap profitabilitas dan stabilitas finansial pengelola bandara (Arsan et al., 2021; Majid et al., 2021). Sektor komersial ini menjadi tumpuan penting dalam menjaga keberlanjutan bisnis korporasi di tengah dinamisnya volume lalu lintas penerbangan.

Pada Divisi Non-Aeronautika PT Angkasa Pura Indonesia Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya, aktivitas pengelolaan data pendapatan tersebut mencakup variabel yang kompleks, mulai dari administrasi kontrak tenant, perhitungan bagi hasil (revenue sharing), penagihan berbasis akrual, hingga analisis pergerakan penumpang. Namun, sebagian

besar proses pencatatan dan rekapitulasi masih dilakukan secara manual menggunakan berkas Microsoft Excel yang tersebar di berbagai terminal. Praktik manajemen data konvensional yang tidak terpusat ini rentan terhadap galat manusia (human error), duplikasi, serta ketidakseragaman format data (Santoso et al., 2025).

Proses manual tersebut menimbulkan sejumlah kendala krusial, antara lain rawan terjadi selisih data (data discrepancy) antar-terminal, sulitnya melakukan audit internal, serta lambatnya penyusunan laporan yang dapat diakses manajemen secara real-time. Akibat fragmentasi informasi ini, proses pengambilan keputusan strategis menjadi kurang cepat dan berisiko tinggi karena didasarkan pada data operasional yang tidak konsisten (Candra & Afriyanto, 2024). Pengelola bandara membutuhkan transformasi digital untuk mengonsolidasikan seluruh informasi komersial agar potensi pendapatan dapat dipantau secara optimal.

Sebagai solusi atas permasalahan tersebut, penerapan teknologi Business Intelligence (BI) berbasis web menjadi langkah mitigasi yang mendesak. Melalui platform visualisasi yang terpusat, manajemen dapat memantau indikator kinerja utama secara instan guna mendukung terciptanya kebijakan berbasis data (data-driven decision) (Fitrani, 2023). Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini mengembangkan Dashboard APS Non-Aeronautical, yaitu sistem Business Intelligence berbasis web yang mengintegrasikan seluruh data pendapatan non-aeronautika ke dalam satu platform terpusat dengan memanfaatkan framework Python Streamlit dan sistem manajemen basis data PostgreSQL.

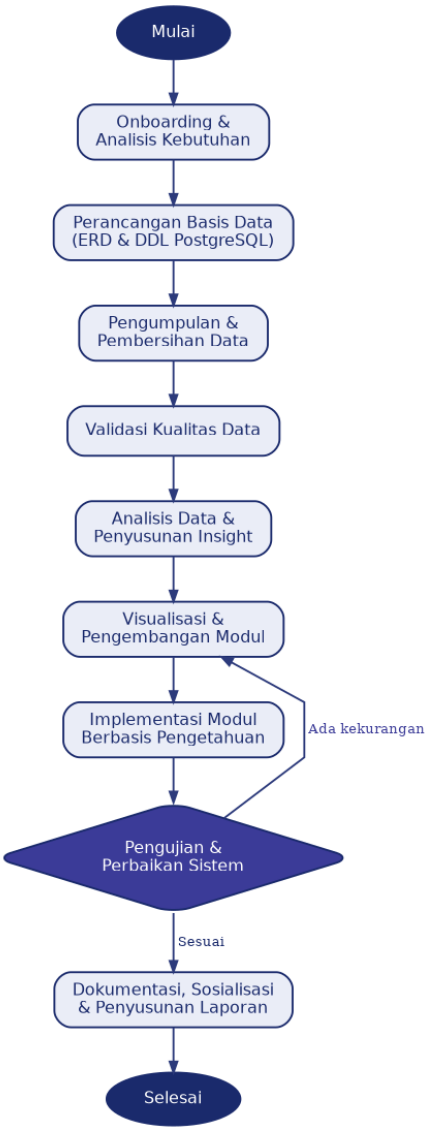
Tujuan penelitian ini adalah merancang dan mengembangkan sistem dashboard interaktif sebagai pengganti proses pencatatan manual berbasis Excel menuju satu platform terpusat yang real-time dan mudah ditelusuri; merancang basis data terpusat beserta modul-modul dashboard untuk mengelola kontrak tenant, revenue sharing, akrual dan penagihan, serta data lalu lintas penumpang; serta menerapkan sistem verifikasi data dan mekanisme tata kelola akses guna menjaga integritas dan akuntabilitas data pendapatan non-aeronautika bandara.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan pengembangan sistem (system development) yang dilaksanakan langsung pada lingkungan kerja Divisi Non-Aeronautika PT Angkasa Pura Indonesia Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. Data yang digunakan merupakan data operasional komersial bandara, meliputi data tenant master, kontrak sewa, transaksi pendapatan, akrual, serta lalu lintas penumpang yang sebelumnya tersimpan secara terpisah dalam berkas Microsoft Excel. Pengembangan sistem dilakukan secara iteratif melalui serangkaian tahapan yang sistematis dan saling berkaitan.

2.1 Tahapan Pengembangan Sistem

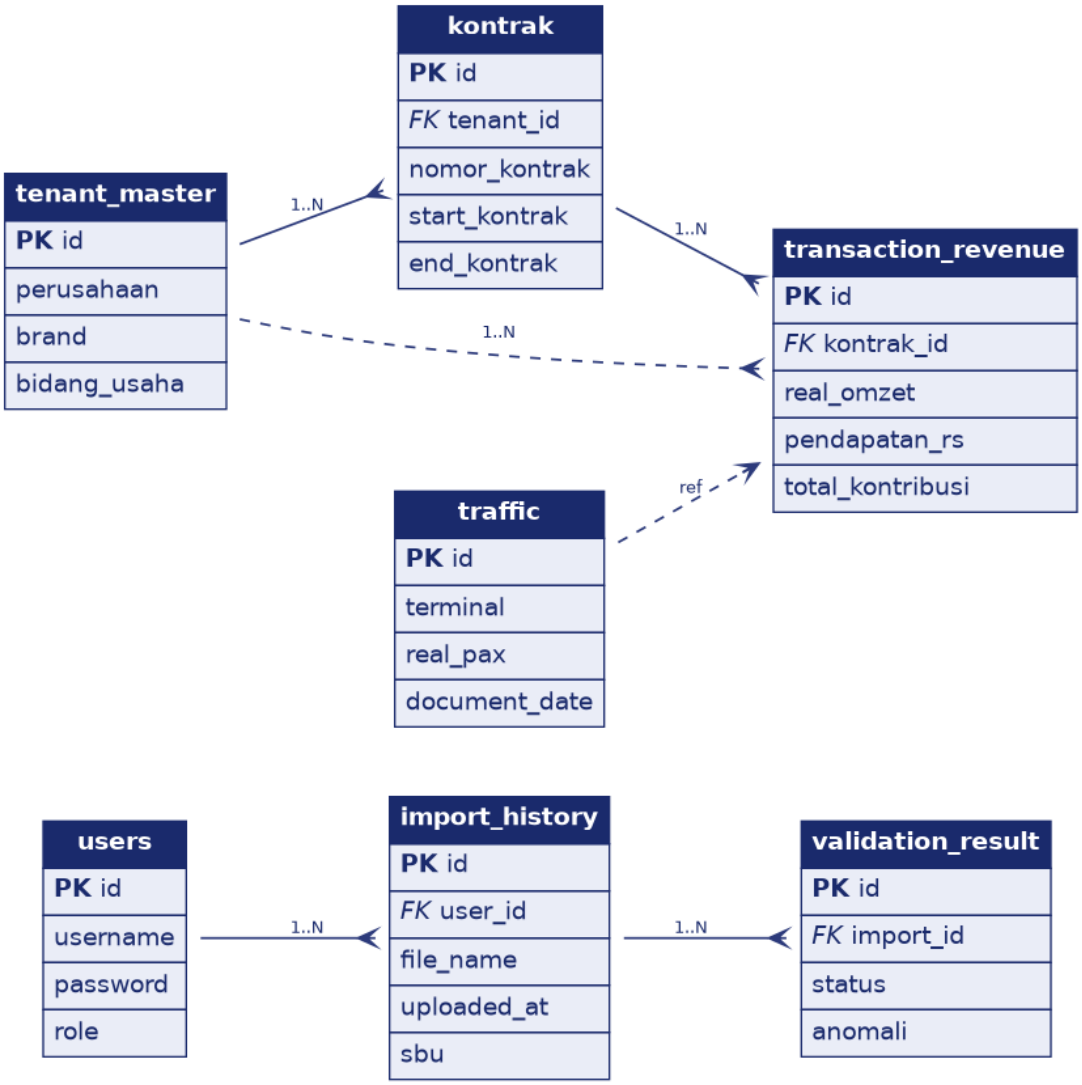
Pengembangan diawali dengan tahap onboarding dan analisis kebutuhan untuk memahami proses bisnis pendapatan non-aeronautika serta mengidentifikasi permasalahan pencatatan manual. Tahapan berlanjut pada perancangan basis data (Entity Relationship Diagram dan Data Definition Language PostgreSQL), pengumpulan dan pembersihan data (data cleansing), validasi kualitas data, analisis data dan penyusunan insight bisnis, hingga visualisasi data dan pengembangan modul dashboard. Selanjutnya dilakukan implementasi modul berbasis pengetahuan, pengujian dan perbaikan sistem yang bersifat iteratif, serta diakhiri dengan dokumentasi, sosialisasi, dan penyusunan laporan. Apabila pada tahap pengujian ditemukan kekurangan, alur kerja dapat kembali ke tahap pengembangan sebelumnya. Alur tahapan pengembangan sistem tersebut disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Tahapan Pengembangan Sistem

2.2 Perancangan Basis Data

Struktur basis data relasional dirancang dalam bentuk Entity Relationship Diagram (ERD) yang terdiri atas tujuh entitas utama. Setiap entitas didefinisikan atributnya beserta kunci primer (primary key) dan kunci asing (foreign key), kemudian ditetapkan kardinalitas relasi antar-tabel sehingga seluruh data pendapatan non-aeronautika dapat tersimpan secara terintegrasi dan konsisten. Rancangan konseptual ini selanjutnya diimplementasikan ke dalam basis data PostgreSQL melalui perintah Data Definition Language (DDL), yaitu CREATE TABLE beserta penetapan tipe data dan constraint seperti PRIMARY KEY, FOREIGN KEY, dan NOT NULL guna menjamin integritas referensial. Rancangan ERD tujuh entitas tersebut ditunjukkan pada Gambar 2, sedangkan deskripsi tiap entitas diuraikan pada Tabel 1.



Gambar 2. Entity Relationship Diagram (ERD) Tujuh Entitas

Tabel 1. Tujuh Entitas Basis Data Dashboard APS Non-Aeronautical

Entitas	Fungsi Utama
users	Menyimpan akun pengguna beserta peran (role) untuk otentikasi dan kontrol hak

Entitas	Fungsi Utama
	akses.
import_history	Merekam jejak (audit trail) riwayat aktivitas unggahan data oleh PIC tiap terminal.
validation_result	Menyimpan hasil verifikasi serta penandaan konflik dan anomali data sebelum publikasi.
tenant_master	Menyimpan data induk tenant/mitra usaha komersial di area terminal.
kontrak	Mengelola data kontrak sewa tenant, periode, dan ketentuan kerja sama.
transaction_revenue	Menyimpan transaksi pendapatan, omzet, bagi hasil, dan indikator kinerja komersial.
traffic	Menyimpan data lalu lintas pergerakan penumpang sebagai konteks performa komersial.

2.3 Arsitektur dan Teknologi Sistem

Sistem dibangun sebagai aplikasi web menggunakan framework Python Streamlit pada sisi antarmuka dan logika aplikasi, dengan PostgreSQL sebagai basis data terpusat pada sisi penyimpanan. Arsitektur ini memungkinkan pemuatan data secara real-time melalui query SQL yang dioptimalkan dan diintegrasikan ke dalam backend Streamlit. Sistem terdiri atas delapan modul fungsional yang saling terhubung, sebagaimana dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Delapan Modul Fungsional Dashboard APS Non-Aeronautical

Modul	Fungsi Utama
Overview	Menyajikan ringkasan tujuh indikator kinerja utama (KPI) pendapatan komersial.
Revenue Sharing	Menghitung bagi hasil pendapatan serta menampung unggahan berkas produksi.
Accrual & Billing	Mencatat akuntansi berbasis akrual dan mendukung penerbitan invoice.
Room Database	Mengatalogkan ruang komersial untuk analisis tingkat hunian (occupancy).
Lease Contract	Mengelola kontrak sewa tenant beserta periode dan ketentuannya.
Data Import Manager	Mengatur alur unggah data empat langkah dengan persetujuan Admin.
Traffic Monitor	Memvisualisasikan arus pergerakan penumpang antar-terminal.
Data Verification	Menyaring konflik dan anomali data sebelum dipublikasikan ke dashboard.

2.4 Pembersihan dan Validasi Data

Data yang diterima pada mulanya berada dalam kondisi fragmentaris dan tidak seragam sehingga dilakukan proses data cleansing dan preprocessing, meliputi penghapusan duplikasi, penanganan data kosong dan redundan, serta penyeragaman format. Penamaan kolom dari berkas yang diunggah distandardisasi ke dalam format snake_case dan dipetakan terhadap skema sistem melalui fungsi pemetaan kolom (column mapping). Validasi kualitas data dilakukan melalui pemeriksaan kelengkapan kolom wajib serta pembandingan silang (cross-check) dengan sumber lain sebelum data dinyatakan siap dipakai pada modul dashboard.

2.5 Sistem Berbasis Aturan dan Deteksi Anomali

Untuk menegakkan keamanan dan tata kelola akses, diterapkan sistem berbasis aturan (rule-based system) pada modul otentikasi. Aturan pengondisian direpresentasikan dalam bentuk production rules (kaidah if-then) dan dievaluasi menggunakan mekanisme penalaran maju (forward chaining) terhadap fakta input username dan password. Setelah kredensial dinyatakan valid, mesin inferensi memeriksa atribut peran (role) untuk menentukan pengalihan halaman sesuai prinsip Role-Based Access Control (RBAC). Selain itu, teknik deteksi anomali diterapkan pada modul Data Verification untuk menandai transaksi yang menyimpang dari pola wajar serta mendeteksi konflik dan duplikasi data sebelum dipublikasikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan Dashboard APS Non-Aeronautical menghasilkan sebuah sistem Business Intelligence berbasis web yang berhasil mengonsolidasikan data pendapatan non-aeronautika ke dalam satu platform terpusat. Pembahasan berikut diuraikan berdasarkan luaran utama yang dihasilkan, mulai dari rancangan basis data, modul analitik dan visualisasi, modul tata kelola akses dan verifikasi, hingga dampak migrasi dari pencatatan manual menuju platform terpusat.

3.1 Rancangan Basis Data dan Implementasi PostgreSQL

Luaran pertama berupa Entity Relationship Diagram tujuh entitas yang menjadi fondasi seluruh sistem. Rancangan ini diimplementasikan ke dalam basis data PostgreSQL melalui perintah DDL, menghasilkan skema fisik yang siap menampung data transaksi pendapatan dari seluruh terminal. Tabel transaction_revenue menjadi tabel inti yang menampung lebih dari empat puluh kolom, mencakup atribut kontrak, lokasi ruang, parameter bagi hasil (rs_percent, min_omzet, real_omzet, mgrs_per_pax), serta kolom hasil perhitungan indikator kinerja seperti pendapatan_rs, pendapatan_sewa, total_kontribusi, acv, rev_per_sqm, dan spending_per_pax. Penetapan constraint integritas referensial memastikan konsistensi relasi antar-tabel sehingga data dari berbagai terminal tersimpan secara terpadu.

3.2 Modul Overview dan Indikator Kinerja Utama

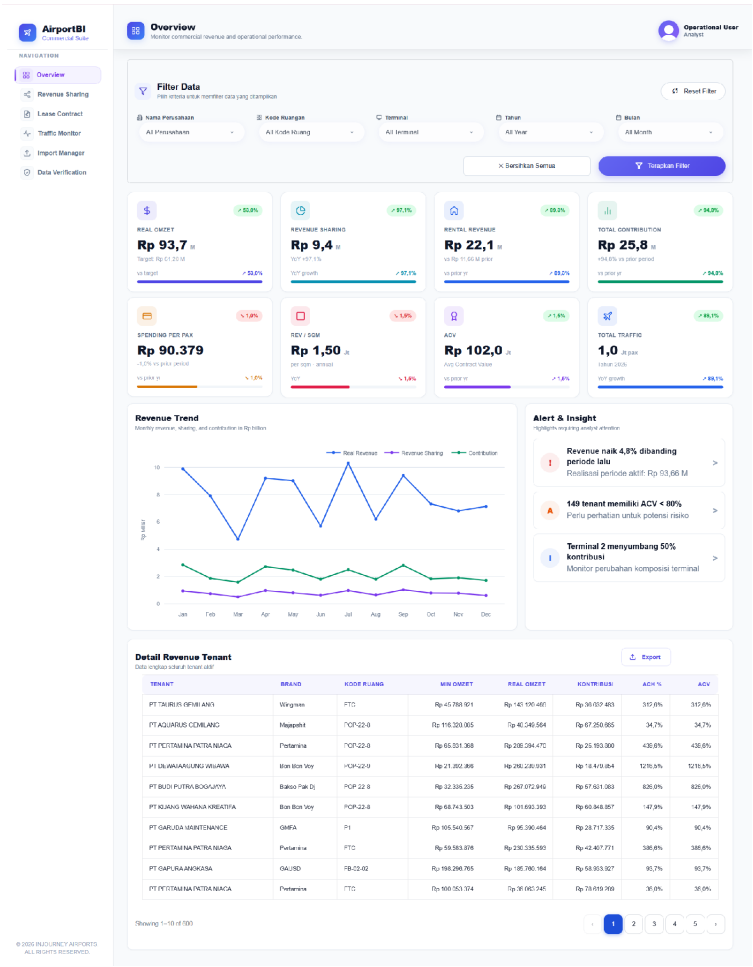
Atas dasar data yang telah bersih, sistem menghitung dan menyajikan tujuh indikator kinerja utama (KPI) pada modul Overview, sehingga manajemen memperoleh gambaran performa komersial secara ringkas dan terukur. Indikator-indikator tersebut dihitung secara otomatis dari basis data dan disajikan dalam bentuk scorecard, sebagaimana dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3. Indikator Kinerja Utama pada Modul Overview

Indikator	Penjelasan
Pendapatan Revenue Sharing	Total pendapatan dari skema bagi hasil dengan tenant.

Indikator	Penjelasan
Pendapatan Sewa	Total pendapatan dari penyewaan ruang komersial.
Total Kontribusi	Akumulasi kontribusi pendapatan tenant terhadap pendapatan komersial.
Real vs Min Omzet	Perbandingan realisasi omzet tenant terhadap nilai minimum kontrak.
Achievement Contract Value (ACV)	Tingkat pencapaian nilai kontrak komersial.
Revenue per Sqm	Pendapatan yang dihasilkan per meter persegi ruang komersial.
Spending per Pax	Rata-rata belanja per penumpang sebagai ukuran daya beli.

Hasil analisis statistik deskriptif berupa rata-rata, total, persentase, dan pertumbuhan (growth) pendapatan per periode menjadi dasar penyusunan insight bisnis, seperti identifikasi tenant dengan pertumbuhan pendapatan tertinggi serta evaluasi pencapaian terhadap nilai minimum kontrak. Tampilan modul Overview disajikan pada Gambar 3.

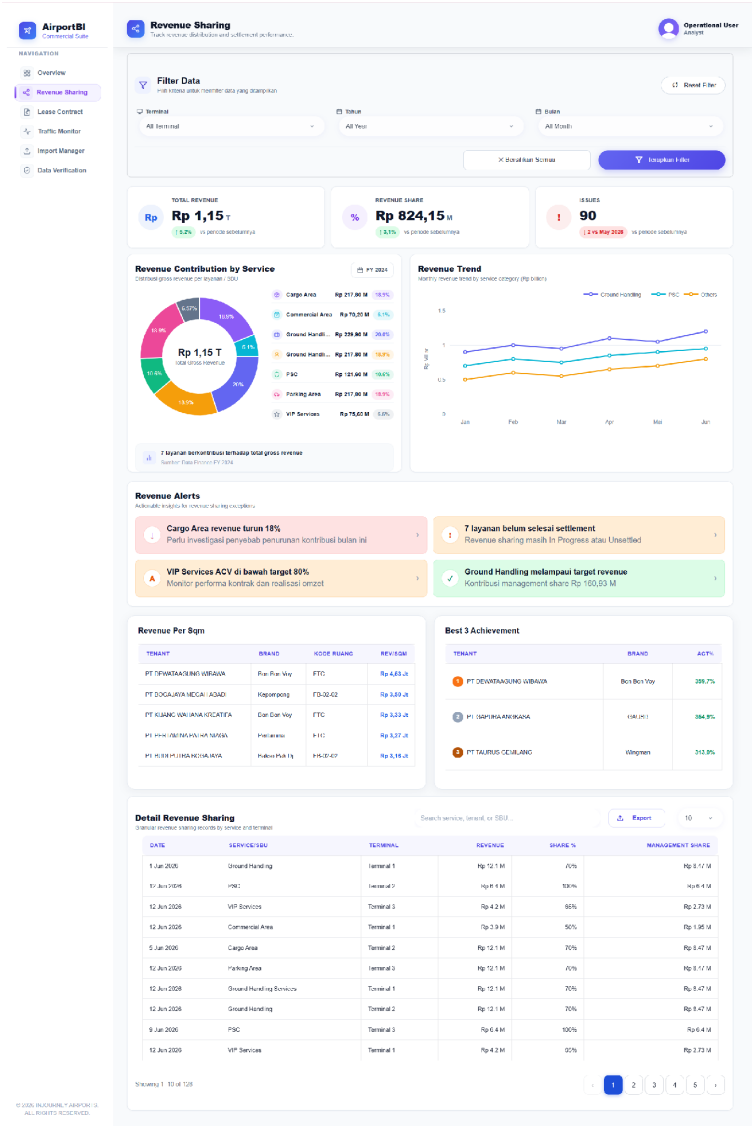


Gambar 3. Modul Overview yang Menyajikan Ringkasan Tujuh Indikator Kinerja Utama

3.3 Modul Revenue Sharing, Akrual, dan Penagihan

Modul Revenue Sharing mengotomatisasi logika perhitungan bagi hasil pendapatan yang sebelumnya dilakukan secara manual. Sistem mengakomodasi beberapa model perhitungan kontribusi pendapatan, yaitu skema revenue sharing dengan ambang minimum (minimum

omzet), skema Minimum Guarantee Revenue Sharing per penumpang (MGRS per pax), serta skema bagi hasil langsung berdasarkan persentase. Modul Accrual & Billing melengkapi alur ini dengan pencatatan akuntansi berbasis akrual serta dukungan penerbitan invoice, sehingga status penyelesaian keuangan tiap tenant dapat dipantau secara terstruktur. Tampilan modul Revenue Sharing disajikan pada Gambar 4.

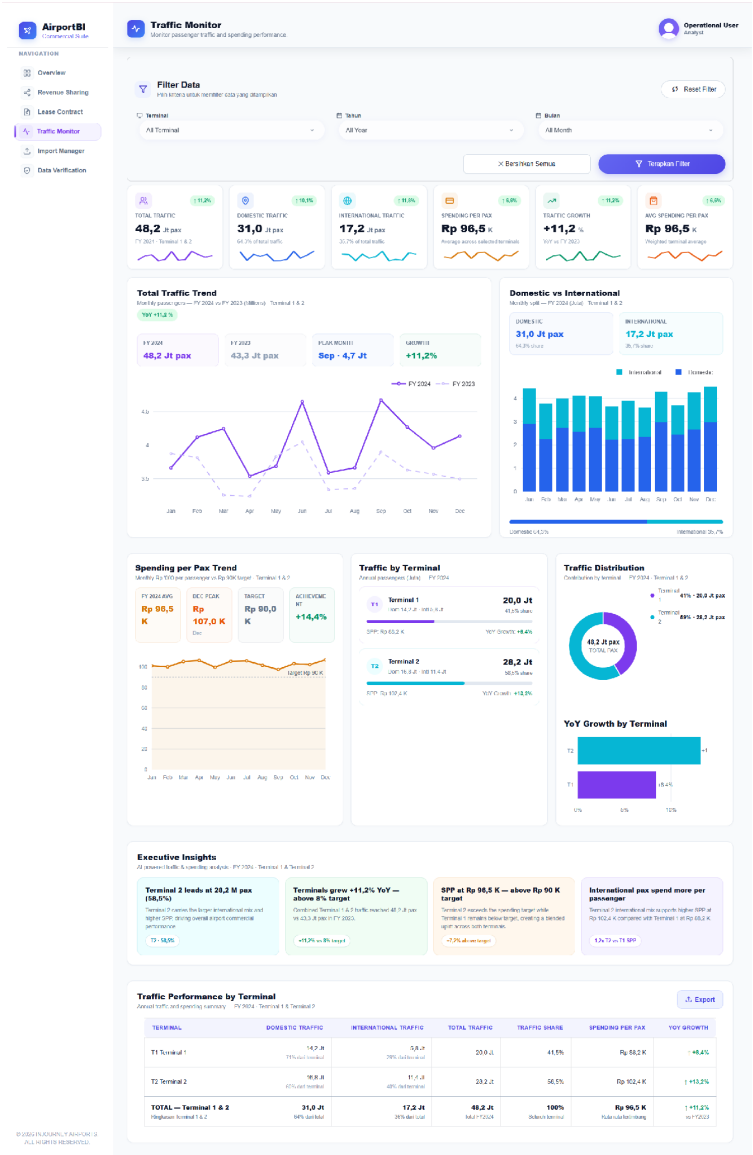


Gambar 4. Modul Revenue Sharing dan Komposisi Kontribusi Pendapatan per Layanan

3.4 Modul Visualisasi Data

Antarmuka visual dibangun dengan menerapkan prinsip pemilihan jenis visualisasi yang sesuai dengan karakteristik data, antara lain line chart untuk tren pendapatan antar-periode, donut chart untuk komposisi kategori layanan, area chart untuk akumulasi nilai, serta scorecard untuk menonjolkan indikator utama. Modul Traffic Monitor memvisualisasikan arus pergerakan penumpang antar-terminal, sedangkan modul Room Database menyajikan tata letak dan tingkat hunian ruang komersial. Seluruh komponen visual disusun dengan tata letak, skema warna, dan

navigasi yang konsisten antar-halaman, sehingga data transaksi finansial yang kompleks dapat diterjemahkan menjadi informasi taktis yang mudah dipahami oleh manajemen sebagai pengguna non-teknis. Tampilan modul Traffic Monitor disajikan pada Gambar 5.

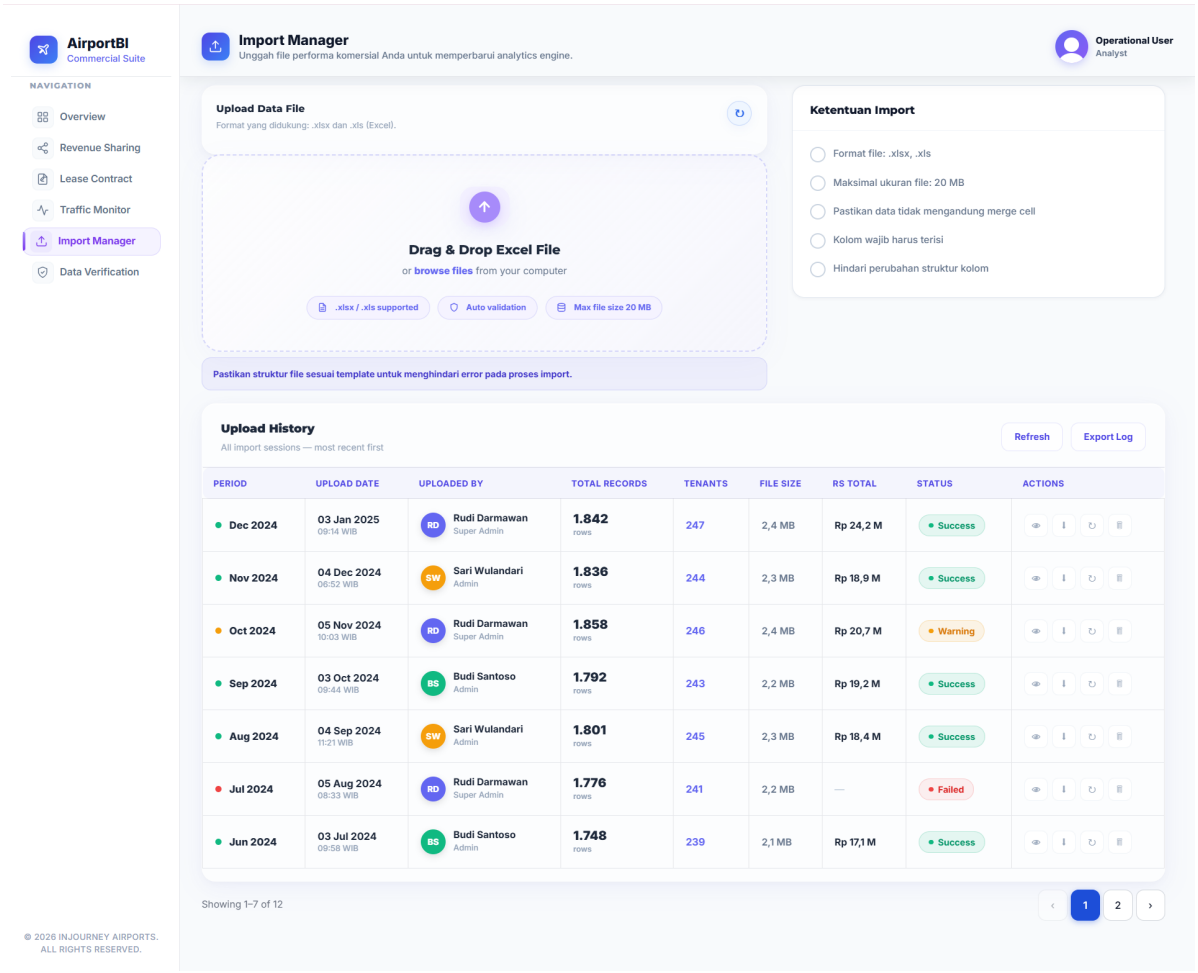


Gambar 5. Modul Traffic Monitor untuk Pemantauan Arus Pergerakan Penumpang

3.5 Modul Data Import Manager dan Tata Kelola Akses

Modul Data Import Manager mengatur alur unggah data dari PIC melalui empat langkah terstruktur, yaitu Template, Upload, Preview, dan Submit, sementara Admin memegang kontrol untuk membuka kunci unggahan, mengatur batas waktu, serta menyetujui dan memublikasikan data secara massal. Hak akses dirancang berjenjang (role-based) yang memisahkan peran kontributor, yaitu PIC tiap terminal yang bertugas mengunggah data, dengan peran peninjau, yaitu Admin yang berwenang menyetujui dan memublikasikan data. Untuk menjaga akuntabilitas, diterapkan audit trail berupa log riwayat aktivitas unggahan pada entitas

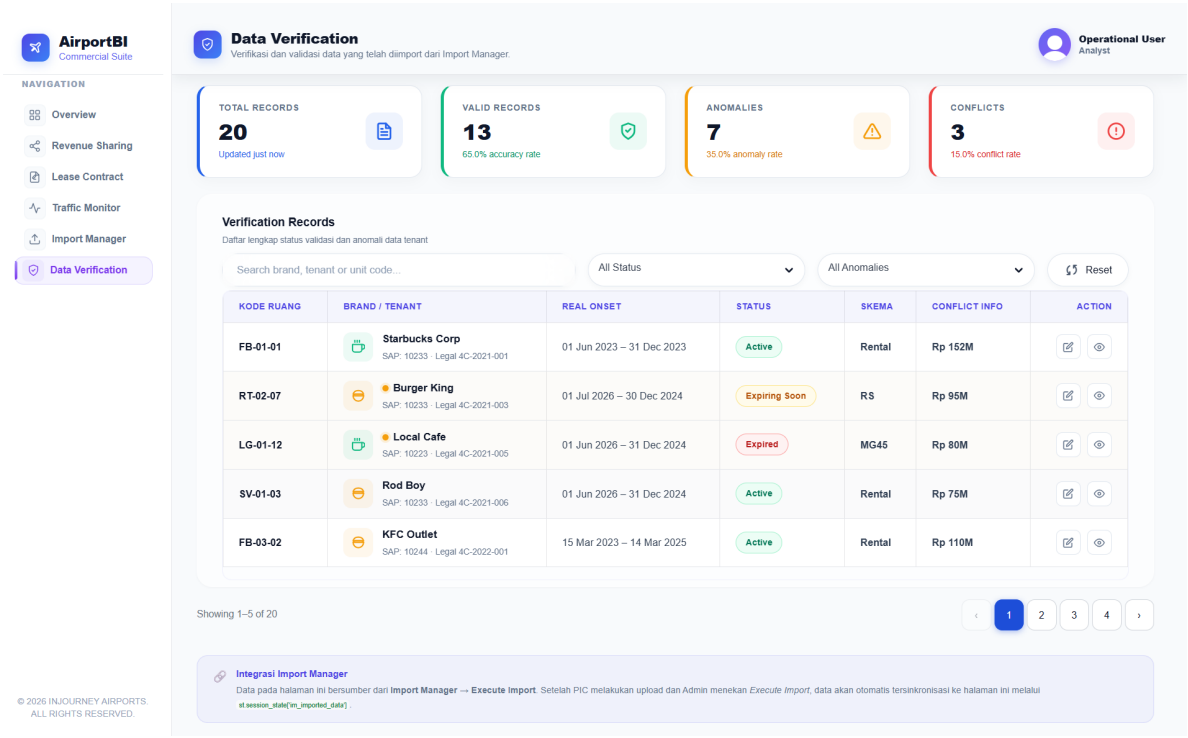
import_history sehingga setiap perubahan data dapat ditelusuri. Tampilan modul tersebut disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Modul Data Import Manager beserta Riwayat Unggahan (Audit Trail)

3.6 Modul Data Verification dan Deteksi Anomali

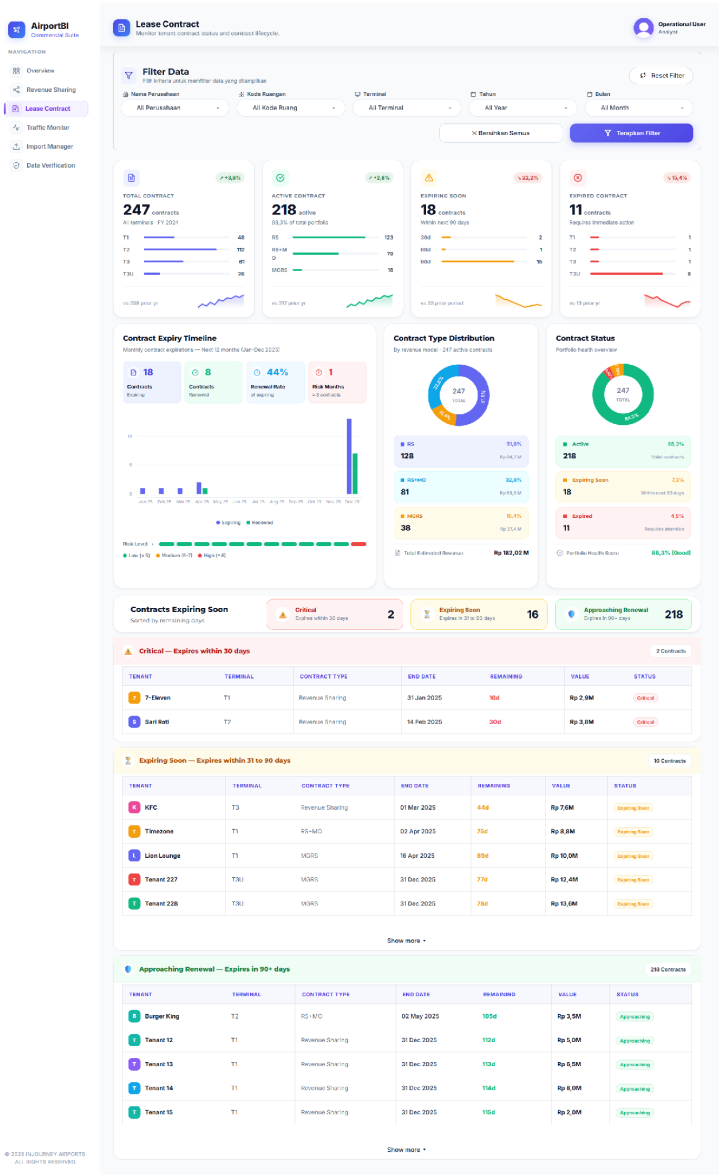
Integritas data dijaga melalui modul Data Verification yang menerapkan teknik deteksi anomali untuk menandai data transaksi yang menyimpang dari pola wajar, seperti nilai pendapatan yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dibanding periode sebelumnya, serta mendeteksi konflik dan duplikasi data sebelum dipublikasikan ke dashboard produksi. Mekanisme ini bekerja bersama alur kerja persetujuan (approval process) untuk meminimalkan risiko manipulasi data finansial. Selain deteksi anomali, dilakukan pula identifikasi pola musiman dan tren fluktuasi pendapatan secara periodik serta segmentasi dan pemeringkatan tenant berdasarkan performa omzet. Tampilan modul Data Verification disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Modul Data Verification dengan Deteksi Anomali dan Konflik Data

3.7 Sistem Berbasis Pengetahuan pada Otentikasi Pengguna

Capaian pada aspek sistem berbasis pengetahuan diwujudkan melalui penerapan rule-based system pada modul Login Page. Sistem menggunakan logika inferensi maju (forward chaining) untuk memeriksa keabsahan kombinasi username dan password dari entitas users. Jika data valid, mesin inferensi memeriksa atribut peran: apabila role bernilai Admin, pengguna diarahkan ke dashboard pengelolaan penuh, sedangkan apabila role bernilai PIC Terminal, pengguna secara otomatis dialihkan ke halaman Import Manager terminal terkait. Penerapan aturan ini menjamin setiap pemangku kepentingan hanya dapat mengakses data dan fitur yang menjadi haknya, sekaligus meminimalkan risiko kebocoran data finansial bandara yang bersifat rahasia. Tampilan modul ini disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Modul Lease Contract sebagai Penyaji Rekomendasi Tindakan Kontrak

3.8 Dampak Migrasi dari Pencatatan Manual ke Platform Terpusat

Secara keseluruhan, sistem berhasil memigrasikan proses kerja dari pencatatan manual berbasis Excel yang tersebar di berbagai terminal menuju satu platform terpusat. Dampak yang teramati meliputi berkurangnya beban rekapitulasi manual, menurunnya risiko selisih data antar-terminal, serta mempercepat akses informasi bagi manajemen secara real-time. Untuk mendukung adopsi teknologi, disusun pula Buku Panduan Sistem sebagai sarana literasi digital bagi pengguna non-teknis, disertai materi sosialisasi dan pelatihan langsung kepada staf operasional. Dengan demikian, sistem tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga memperkuat transparansi data dan kemudahan audit internal bagi manajemen bandara.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan Dashboard APS Non-Aeronautical, sebuah sistem Business Intelligence berbasis web yang mengintegrasikan data pendapatan non-

aeronautika PT Angkasa Pura Indonesia Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya ke dalam satu platform terpusat menggunakan framework Python Streamlit dan basis data PostgreSQL. Sistem dibangun di atas rancangan basis data tujuh entitas dan terdiri atas delapan modul fungsional yang mencakup ringkasan indikator kinerja, perhitungan bagi hasil dan akrual, visualisasi data, pengelolaan kontrak dan ruang, manajemen unggah data, pemantauan lalu lintas penumpang, serta verifikasi data.

Penerapan sistem berbasis aturan dengan penalaran maju pada modul otentikasi mampu menegakkan Role-Based Access Control secara otomatis, sementara teknik deteksi anomali pada modul Data Verification menjaga integritas data sebelum dipublikasikan. Dukungan audit trail dan alur kerja persetujuan memperkuat akuntabilitas pengelolaan data finansial. Dengan menggantikan proses manual berbasis Excel yang terfragmentasi menjadi platform terpusat yang real-time dan mudah ditelusuri, sistem ini mempercepat pengambilan keputusan berbasis data serta meningkatkan efisiensi, transparansi, dan kemudahan audit internal bagi manajemen bandara. Penelitian selanjutnya disarankan menambahkan fitur prediksi pendapatan serta integrasi dengan sistem informasi lain di lingkungan korporasi.

5. DAFTAR PUSTAKA

Arsan, M., Ramli, A., & Basri, H. (2021). Analisis Kontribusi Pendapatan Non-Aeronautika Terhadap Profitabilitas Pengelola Bandar Udara Modern. Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik, 8(2), 145–154.

Candra, R., & Afriyanto, D. (2024). Fragmentasi Data Operasional dan Dampaknya Terhadap Pengambilan Keputusan Strategis Manajemen Bandar Udara. Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi, 5(1), 32–41.

Fitrani, A. (2023). Transformasi Digital Melalui Business Intelligence Terpusat untuk Optimalisasi Pendapatan Komersial. Jurnal Sistem Informasi dan Bisnis, 11(3), 204–215.

Majid, S. A., Sasmita, H., & Wibowo, A. (2021). Peran Pendapatan Non-Aeronautika dalam Stabilitas Finansial Otoritas Bandara. Jurnal Ekonomi Penerbangan, 3(4), 210–223.

Santoso, B., Utomo, P., & Prasetyo, H. (2025). Mitigasi Human Error dan Duplikasi Data Melalui Manajemen Data Terpusat pada Sektor Publik. Jurnal Tata Kelola Teknologi Informasi, 7(1), 55–67.

PostgreSQL Global Development Group. (2024). PostgreSQL 16 Documentation. https://www.postgresql.org/docs/

Streamlit Inc. (2024). Streamlit Documentation: A Faster Way to Build and Share Data Apps. https://docs.streamlit.io/

Sharda, R., Delen, D., & Turban, E. (2020). Analytics, Data Science, & Artificial Intelligence: Systems for Decision Support (11th ed.). Pearson.