

Design of a Trans Palu Bus Schedule Monitoring System for Public Service Improvement

Muthiah Azzahrah¹, Andi Hendra^{2*}

¹Sistem Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia

²Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia

Email: ¹F52121022@untad.ac.id, ^{2*}andi.hendra@eng.untad.ac.id

(*: corresponding author)

Abstract - Public transportation services in Palu City have adopted digital features through Sangu Palu and Mitra Darat, but still face unstable GPS data, weak real-time notifications, limited local data control, and fragmented coordination between government and field personnel. This study aims to design a Trans Palu bus schedule monitoring system that provides real-time passenger information and strengthens local e-government transport governance. Design Science Research was used. Data were collected through interviews with agencies and bus officers, field observations, user surveys, literature review, and system analysis. The artifact is a multilayer software architecture with four modules: passenger, administrator, operator, and field officer. The design focuses on the passenger and administrator modules, while the operator and field officer modules are formulated conceptually to support data recording and operational integration. A survey of 67 respondents identified schedules, estimated arrival times, real-time bus positions, nearest stops, fastest routes, and notifications as user priorities. The artifact includes route and schedule management, fleet monitoring, estimated arrival times, a journey planner, incident reporting, dashboard analytics, and role-based access. Evaluation yielded a model consistency score of 3.65, a technical feasibility score of 3.0, and an expert validation score of 3.96, indicating that the design is feasible with improvements. This study contributes an architectural foundation for local governments to develop locally grounded public transport monitoring systems. Its novelty lies in integrating passengers, local-government administrators, operators, and field officers in one ecosystem combining passenger information services with oversight, operational management, and local data control.

Keywords: Design science research, Intelligent transportation system, E-Government, Real-time information, Trans Palu.

Abstrak - Layanan transportasi publik di Kota Palu mengadopsi fitur digital melalui aplikasi Sangu Palu dan Mitra Darat, tetapi masih menghadapi ketidakstabilan data GPS, lemahnya notifikasi *real-time*, keterbatasan kendali data lokal, serta koordinasi yang terfragmentasi antara pemerintah daerah dan petugas lapangan. Penelitian ini bertujuan merancang sistem *monitoring* jadwal Bus Trans Palu yang menyediakan informasi penumpang secara *real-time* dan memperkuat tata kelola transportasi berbasis *e-government* lokal. Penelitian menggunakan pendekatan *design science research*. Data dikumpulkan melalui wawancara dengan instansi terkait dan petugas bus, observasi lapangan, survei pengguna, kajian literatur, serta analisis sistem eksisting. Artefak yang dihasilkan berupa arsitektur perangkat lunak *multilayer* dengan empat modul utama: penumpang, admin, operator, dan petugas lapangan. Perancangan difokuskan pada modul penumpang dan admin, sedangkan modul operator dan petugas dirumuskan secara konseptual untuk mendukung pencatatan data dan integrasi operasional. Survei terhadap 67 responden menunjukkan bahwa kebutuhan utama pengguna meliputi jadwal, estimasi waktu kedatangan, posisi bus *real-time*, halte terdekat, rute tercepat, dan notifikasi. Artefak akhir mencakup manajemen rute dan jadwal, *monitoring* armada, estimasi waktu kedatangan, *journey planner*, pelaporan insiden, analitik *dashboard*, dan akses berbasis peran. Evaluasi menghasilkan skor konsistensi model 3,65, kelayakan teknis 3,0, dan validasi pakar 3,96, sehingga desain dinilai layak dengan perbaikan. Kontribusi penelitian ini berupa fondasi arsitektur bagi pemerintah daerah untuk mengembangkan sistem monitoring transportasi publik berbasis kebutuhan lokal, sedangkan kebaruannya terletak pada integrasi penumpang, admin pemerintah daerah, operator, dan petugas lapangan dalam satu ekosistem data yang menyatukan layanan informasi penumpang dengan pengawasan, pengelolaan operasional, dan kendali data lokal.

Kata Kunci: Design Science Research, Sistem Transportasi Cerdas, E-Government, Informasi Real-Time, Trans Palu.

1. PENDAHULUAN

Transportasi publik memainkan peran penting dalam mengurangi ketergantungan masyarakat pada kendaraan pribadi, menekan kemacetan, dan mendukung mobilitas perkotaan yang berkelanjutan. Di Kota Palu, layanan Bus Trans Palu menjadi bagian dari upaya peningkatan kualitas layanan publik dan penguatan *smart mobility* di tingkat daerah [1], [2]. Pemerintah Kota Palu telah menghadirkan kanal digital seperti aplikasi Sangu Palu untuk menampilkan informasi layanan, namun kualitas informasi yang diterima penumpang masih belum stabil. Temuan lapangan menunjukkan beberapa kendala utama, yaitu akurasi data posisi bus yang tidak selalu tepat, notifikasi *real-time* yang terbatas, kendali pemerintah daerah terhadap pembaruan data yang terbatas, serta integrasi yang belum optimal antara operator dan petugas lapangan dalam satu ekosistem data. Kondisi ini menyebabkan informasi yang diterima masyarakat sering terlambat, tidak lengkap, atau kurang dapat diandalkan untuk mendukung keputusan perjalanan harian. Persoalan serupa juga disorot dalam literatur mengenai transformasi layanan publik berbasis teknologi dan pengelolaan data daerah berbasis kebutuhan pengguna [3], [4], [5].

Berbagai penelitian sebelumnya menegaskan bahwa kualitas layanan transportasi publik dipengaruhi oleh ketepatan waktu, ketersediaan informasi, dan pengalaman pengguna [6], [7]. Studi terkait pelacakan bus berbasis

Global Positioning System (GPS), sistem informasi penumpang, dan pemantauan armada menunjukkan bahwa posisi kendaraan, estimasi waktu kedatangan, dan kualitas informasi operasional merupakan kebutuhan inti pengguna layanan [8], [9]. Selain itu, digitalisasi proses operasional perlu didukung sistem yang mampu mencatat aktivitas, memfasilitasi pengawasan, dan menyediakan informasi yang mudah diakses oleh pengelola layanan [10]. Meski relevan, penelitian terdahulu masih memiliki keterbatasan jika dikaitkan dengan konteks Trans Palu. Studi pelacakan bus umumnya menempatkan penumpang sebagai pengguna utama dan belum membahas kendali data oleh pemerintah daerah [9], [11]. Studi digitalisasi transportasi dan *smart mobility* menekankan pentingnya integrasi teknologi, kesiapan pengelolaan layanan, evaluasi aplikasi, dan keterlibatan pemerintah, tetapi belum menjelaskan rancangan arsitektur yang menghubungkan penumpang, admin pemerintah, operator, dan petugas lapangan dalam satu alur data [6], [12], [13]. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang hanya berfokus pada pelacakan kendaraan atau penyediaan informasi bagi penumpang, penelitian ini merancang arsitektur sistem yang mengintegrasikan empat aktor utama yaitu penumpang, admin pemerintah daerah, operator bus, dan petugas lapangan dalam satu alur data terpadu. Pendekatan ini memungkinkan pengelolaan layanan transportasi publik yang lebih terintegrasi dan mendukung tata kelola *E-Government* daerah.

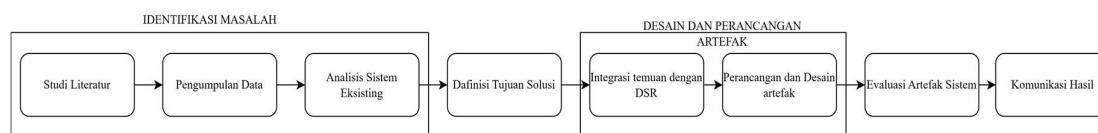
Berdasarkan *gap* tersebut, penelitian ini bertujuan merancang sistem monitoring jadwal Bus Trans Palu yang tidak hanya menampilkan informasi posisi bus, tetapi juga memperkuat pengelolaan rute, jadwal, laporan, dan indikator layanan oleh pemerintah daerah. Pendekatan ini mengintegrasikan perspektif penumpang, admin, operator, dan petugas lapangan dalam satu ekosistem, sehingga mendukung layanan transportasi publik yang lebih akurat, transparan, dan efisien [14], [15]. Dengan demikian, penelitian ini menghadirkan kontribusi berupa rancangan arsitektur sistem monitoring jadwal Bus Trans Palu berbasis *multilayer* yang mengintegrasikan empat aktor utama, yaitu penumpang, admin pemerintah daerah, operator, dan petugas lapangan dalam satu ekosistem data. Integrasi ini membedakan rancangan usulan dari sistem yang berjalan saat ini karena sistem tidak hanya menyediakan informasi perjalanan bagi penumpang, tetapi juga mendukung pengelolaan rute, jadwal, armada, laporan, dan indikator layanan oleh pemerintah daerah.

Di sisi lain, penelitian ini diarahkan untuk menjawab tiga pertanyaan penelitian. Pertama, apa kebutuhan pengguna dan pengelola layanan Trans Palu terhadap sistem monitoring jadwal bus? Kedua, bagaimana rancangan arsitektur sistem monitoring jadwal Bus Trans Palu yang mengintegrasikan penumpang, admin pemerintah daerah, operator, dan petugas lapangan dalam satu ekosistem? Ketiga, seberapa layak rancangan sistem yang dihasilkan berdasarkan evaluasi kebutuhan, konsistensi model, kelayakan teknis, dan validasi pakar.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *design science research* (DSR) karena tujuan utamanya adalah menghasilkan artefak yang dapat menjawab masalah nyata dalam layanan transportasi publik. Pendekatan ini sesuai untuk penelitian sistem informasi yang berorientasi pada solusi, terutama ketika hasil akhir yang diharapkan tidak hanya berupa penjelasan fenomena, tetapi juga rancangan sistem yang dapat dikembangkan lebih lanjut [16, 17]. Alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Gambar 1 memperlihatkan tahapan penelitian dari identifikasi masalah sampai komunikasi hasil. Alur tersebut menegaskan bahwa artefak sistem tidak dirancang secara langsung, tetapi melalui proses identifikasi masalah, penentuan tujuan solusi, perancangan artefak, evaluasi, dan penyampaian hasil. Dengan alur ini, rancangan sistem tetap terhubung dengan masalah layanan Trans Palu yang ditemukan di lapangan.

a. Identifikasi Masalah

Pada tahap identifikasi masalah, peneliti memetakan kondisi layanan Bus Trans Palu dan masalah informasi yang dihadapi pengguna. Tahap ini melibatkan analisis terhadap aplikasi yang telah digunakan, yaitu Sangu Palu dan Mitra Darat. Hasil tahap ini menjadi dasar untuk merumuskan kebutuhan fungsional dan nonfungsional sistem.

b. Definisi Tujuan Solusi

Selanjutnya, tujuan solusi ditetapkan, yaitu merancang sistem monitoring yang mampu menampilkan posisi bus, estimasi kedatangan, rute perjalanan, pengelolaan jadwal, monitoring armada, serta kanal laporan dan analitik untuk pemerintah daerah.

- c. Desain dan Perancangan Artefak
Pada tahap ini kebutuhan sistem diterjemahkan menjadi kebutuhan fungsional dan nonfungsional, lalu ditranslasikan ke dalam artefak yang berupa rancangan arsitektur sistem *monitoring multilayer* dengan empat modul utama melalui pemodelan *Unified Modeling Language* (UML).
- d. Evaluasi Artefak Sistem
Tahap evaluasi dilakukan untuk menilai tingkat validitas, konsistensi, dan kelayakan artefak perancangan sistem yang telah dihasilkan.
- e. Komunikasi Hasil
Tahap ini berupa penyajian hasil perancangan dalam bentuk laporan akademik yang dapat dijadikan referensi bagi penelitian selanjutnya maupun panduan bagi pemerintah daerah dalam mengembangkan sistem transportasi digital.

2.2. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini bertujuan untuk mendukung tahapan analisis kebutuhan dan perancangan sistem *monitoring* jadwal Bus Trans Palu. Pengumpulan data dilakukan melalui empat teknik:

- a. Wawancara
Pengumpulan data dilakukan dengan cara bertatap muka langsung dengan Dinas Perhubungan Kota Palu yang berfokus pada operasional Trans Palu, rute, jadwal, monitoring armada, dan kendali data dan Dinas Komunikasi dan Informatika Kota Palu untuk membahas aplikasi Sangu Palu, integrasi data, API, notifikasi *real-time*, dan kendala teknis. Serta wawancara dengan operator atau petugas lapangan untuk memahami praktik operasional harian, penyampaian informasi kepada penumpang, kendala penggunaan aplikasi, dan kebutuhan sistem digital.
- b. Survei
Pengumpulan data dengan menyebarkan kuesioner untuk menjangkau calon pengguna dan pengguna layanan Trans Palu guna mengetahui pengalaman, kebutuhan dan hambatan yang dialami terkait layanan Bus Trans Palu.
- c. Observasi
Melakukan observasi terhadap penggunaan aplikasi Sangu Palu dan Mitra Darat serta perilaku pengguna dalam mengakses informasi melalui media alternatif.
- d. Studi literatur
Tahap ini dilakukan untuk meninjau teori dan penelitian terdahulu mengenai kualitas layanan transportasi, *E-Government*, *smart city*, *monitoring real-time*, dan arsitektur sistem.
Data wawancara dan observasi dianalisis secara tematik untuk menemukan kendala, kebutuhan, dan pola operasional layanan Trans Palu. Data survei dianalisis menggunakan statistik deskriptif berupa frekuensi dan persentase. Hasil kedua analisis tersebut kemudian digunakan sebagai dasar identifikasi masalah, perumusan kebutuhan, perancangan artefak, dan evaluasi sistem dalam tahapan DSR.

2.3. Evaluasi Artefak Sistem

Di tahap ini, artefak yang telah dihasilkan akan dinilai atau dievaluasi kembali melalui empat pendekatan, yaitu:

- a. Evaluasi kesesuaian kebutuhan
Evaluasi ini menilai keterwakilan kebutuhan fungsional dalam artefak dan memastikan apakah artefak telah mencerminkan kebutuhan sistem secara menyeluruh dan akurat.
- b. Evaluasi Konsistensi dan Integrasi Model
Evaluasi ini menilai konsistensi dan integrasi model berdasarkan aspek semantik, struktural, arsitektur, dan integrasi.
- c. Evaluasi Kelayakan Teknis
Evaluasi ini menilai kelayakan teknis dan kualitas rancangan menggunakan area yang relevan dari ISO/IEC 25010, seperti *compatibility*, *performance efficiency*, *security*, dan *maintainability* [15].
- d. Validasi pakar
Validasi dilakukan oleh tiga orang pakar dengan menggunakan skala penilaian 1–5, yaitu 1 untuk sangat tidak sesuai, 2 untuk tidak sesuai, 3 untuk cukup sesuai, 4 untuk sesuai, dan 5 untuk sangat sesuai. Validasi digunakan untuk menilai relevansi kebutuhan, kelengkapan model, konsistensi antarmodel, kelayakan teknis, keamanan, performa *real-time*, integrasi, serta *usability*. Skor setiap aspek dihitung berdasarkan nilai rata-rata dari penilaian pakar, kemudian diinterpretasikan untuk menentukan tingkat kelayakan artefak sistem.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Temuan Kebutuhan dan Analisis Sistem Eksisting

Wawancara dilakukan dengan dengan Koordinator Teknis Bus Trans Palu dan Bagian Perencanaan dan Pembangunan Prasarana Dinas Perhubungan Kota Palu (DISHUB) menunjukkan bahwa operasional Trans Palu dijalankan melalui skema kerja sama dengan operator swasta. Pemerintah daerah berperan sebagai regulator dan pengawas, sedangkan operator menjalankan armada, sopir, dan operasional harian. Dari sisi monitoring, DISHUB sudah memanfaatkan sarana digital, tetapi kendali pembaruan data dan interoperabilitas dengan sistem lain masih terbatas. Wawancara dengan Koordinator Sangu Palu pada Dinas Komunikasi dan Informatika Kota Palu (DISKOMINFO) memperlihatkan bahwa fitur Trans Palu pada Sangu Palu bersifat modular, namun masih menghadapi masalah akurasi GPS dan belum menyediakan notifikasi *real-time* yang memadai. Temuan ini konsisten dengan literatur yang menyebut bahwa keberhasilan *smart transportation* di tingkat daerah sangat dipengaruhi oleh integrasi teknologi dan tata kelola antaraktor [13], [18].

Survei terhadap 67 responden memperkuat temuan tersebut. Sebanyak 35 responden atau sekitar 52,23% pernah menggunakan Trans Palu, sedangkan 32 responden atau sekitar 47,76% belum pernah menggunakannya. Sumber informasi utama yang dipakai masyarakat masih didominasi media sosial dan petugas bus atau halte. Penggunaan aplikasi digital juga masih terbatas. Fitur yang paling dibutuhkan responden adalah jadwal, Estimasi Waktu Kedatangan (ETA), posisi bus secara *real-time*, halte terdekat, rute tercepat, dan notifikasi layanan. Temuan ini sejalan dengan studi layanan informasi penumpang yang menempatkan informasi perjalanan dan kepastian waktu sebagai kebutuhan paling mendasar [7], [9]. Ringkasan temuan survei dan sistem eksisting ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Temuan Survei dan Sistem Eksisting

Aspek	Hasil Utama	Makna
Responden	67 responden	Basis awal kebutuhan pengguna
Pengguna Trans Palu	52,23% pernah menggunakan	Layanan sudah dikenal tetapi belum dominan
Sumber informasi	Media sosial dan petugas halte/bus	Informasi digital belum menjadi kanal utama
Aplikasi yang pernah dipakai	Mitra Darat 9 orang; Sangu Palu 4 orang	Adopsi aplikasi masih rendah
Fitur paling dibutuhkan	Jadwal, ETA, posisi <i>real-time</i> , halte terdekat, rute tercepat, notifikasi	Kebutuhan inti bersifat operasional
Kondisi sistem eksisting	Sangu Palu kontekstual tetapi kurang stabil; Mitra Darat resmi tetapi kurang fleksibel lokal	Diperlukan solusi yang menggabungkan konteks lokal dan tata kelola data

Temuan survei menunjukkan bahwa jadwal, ETA, posisi bus *real-time*, dan notifikasi menjadi fitur yang paling dibutuhkan pengguna. Temuan ini diperkuat oleh wawancara petugas yang menunjukkan bahwa informasi jadwal masih sering disampaikan secara manual dan bersifat perkiraan. Oleh karena itu, kebutuhan terhadap fitur tersebut dapat diinterpretasikan sebagai kebutuhan pengguna terhadap kepastian informasi perjalanan. Interpretasi ini masih bersifat deskriptif dan belum menunjukkan hubungan korelasional antar variabel.

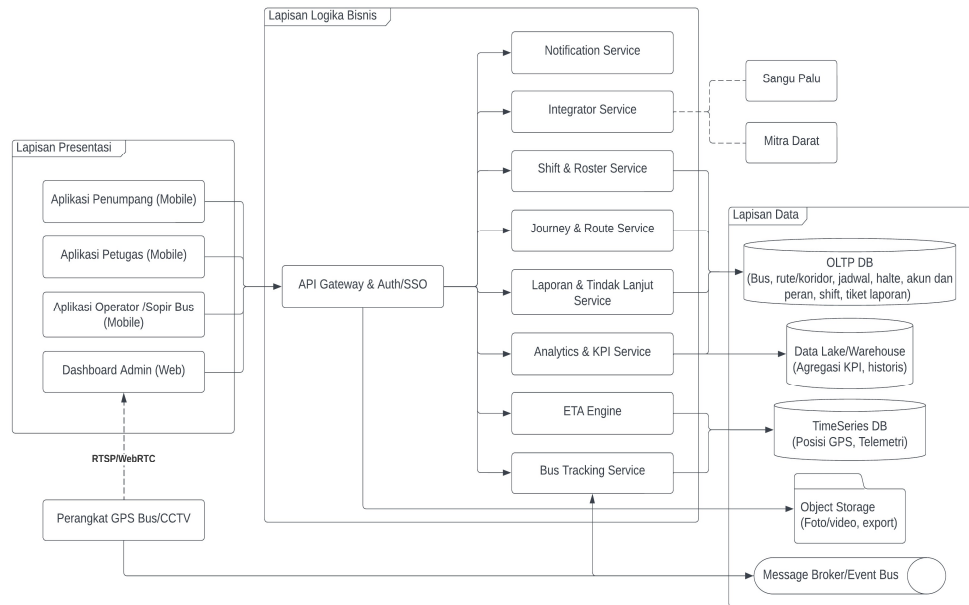
Analisis sistem *eksisting* menunjukkan bahwa Sangu Palu dan Mitra Darat memiliki karakter berbeda. Sangu Palu lebih dekat dengan konteks lokal dan berpotensi dikembangkan secara modular, tetapi fitur transportasinya belum stabil. Sebaliknya, Mitra Darat memiliki cakupan nasional dan data resmi, tetapi kurang fleksibel untuk kebutuhan pengelolaan lokal. Oleh karena itu, rancangan sistem dalam penelitian ini tidak diposisikan sebagai pengganti kedua aplikasi tersebut, melainkan sebagai arsitektur solusi yang menjembatani kebutuhan lokal, integrasi data, dan peran pemerintah daerah [13], [18].

Berdasarkan temuan tersebut, penelitian ini tidak hanya menghasilkan daftar fitur yang dibutuhkan pengguna, tetapi juga merumuskan kontribusi rancangan dalam bentuk arsitektur sistem terintegrasi. Arsitektur ini menghubungkan kebutuhan penumpang terhadap informasi jadwal, ETA, posisi bus *real-time*, halte terdekat, rute tercepat, dan notifikasi dengan kebutuhan pemerintah daerah dalam mengelola data operasional, laporan, armada, serta indikator layanan. Dengan demikian, kontribusi penelitian ini terletak pada penyatuan fungsi informasi penumpang dan fungsi pengawasan pemerintah daerah dalam satu rancangan ekosistem sistem monitoring.

3.2. Perancangan Artefak Sistem

Kebutuhan sistem kemudian diterjemahkan ke dalam artefak melalui pemodelan *use case*, *activity diagram*, *class diagram*, dan *sequence diagram*. Pemodelan ini digunakan agar setiap kebutuhan memiliki representasi proses, struktur data, dan interaksi layanan yang jelas [17], [19]. Pendekatan ini sejalan dengan studi yang menempatkan pemodelan UML sebagai dasar keterlacakan antara kebutuhan, proses, data, dan kontrol sistem [20]. Artefak yang dihasilkan berupa arsitektur perangkat lunak *multilayer* dengan empat modul utama, yaitu

penumpang, admin, petugas, dan operator. Modul penumpang berfokus pada informasi perjalanan dan pelaporan, modul admin pada pengelolaan data dan pengawasan layanan, modul petugas pada pembaruan data lapangan, sedangkan modul operator pada pelaksanaan perjalanan dan input kondisi operasional. Representasi arsitektur usulan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur Sistem

Gambar 2 memperlihatkan hubungan antara aplikasi penumpang, *application programming interface gateway* (API gateway) atau komponen perantara yang mengatur permintaan dari aplikasi pengguna menuju layanan sistem, termasuk autentikasi, pengalihan permintaan, dan kontrol akses [21], layanan utama, dan basis data. Lapisan layanan memuat *auth service*, bus tracking, *ETA engine*, *journey planner*, *notification service*, *report service*, dan *analytics*. Susunan ini menunjukkan bahwa informasi yang tampil di aplikasi penumpang berasal dari proses pengolahan data operasional, bukan hanya dari peta statis. Rancangan sistem mengelola data GPS, rute, halte, jadwal, laporan, dan pengguna melalui layanan *bus tracking*, *ETA engine*, *journey planner*, notifikasi, analitik KPI, dan integrasi layanan. Pola ini dipilih agar sistem tetap modular, mudah dipelihara, dan dapat dikembangkan secara bertahap. Sistem tidak hanya menyajikan informasi perjalanan bagi penumpang, tetapi juga mendukung pengawasan layanan melalui indikator seperti jumlah penumpang, ritase bus, keterlambatan, performa armada, dan laporan periodik. Dalam kerangka *e-government*, fungsi ini memperkuat akuntabilitas dan transparansi pengelolaan layanan [18], [22].

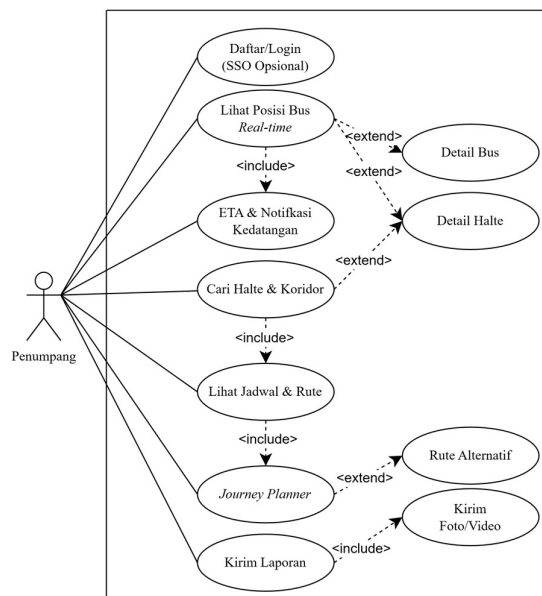
Tabel 2. Ringkasan Modul dan Fungsi Kunci Sistem

Modul	Aktor	Fungsi Kunci	Output
Penumpang	Warga atau pengguna	Peta <i>real-time</i> , ETA, <i>journey planner</i> , halte terdekat, notifikasi, pelaporan	Informasi perjalanan dan tiket laporan
Admin	DISHUB atau pengelola	Kelola rute, jadwal, akun, <i>dashboard</i> KPI, monitoring armada, kelola laporan	Konfigurasi sistem dan laporan periodik
Petugas	Petugas halte atau lapangan	Catat naik turun, lapor insiden, perbarui status halte	Log layanan dan pembaruan lapangan
Operator	Sopir atau operator bus	Jalankan shift, validasi perjalanan, input kondisi operasional	Status perjalanan dan data operasional

Hak akses dibagi berdasarkan peran. Penumpang mengakses layanan informasi dan pelaporan, petugas memperbarui kejadian lapangan dan status halte, operator menjalankan perjalanan serta melaporkan kondisi operasional armada, sedangkan admin mengelola konfigurasi layanan dan pengawasan sistem. Pendekatan *multilayer* memisahkan antarmuka, logika bisnis, layanan integrasi, dan data sehingga sistem lebih mudah dikembangkan, diintegrasikan, dan disesuaikan dengan kondisi operasional Palu. Rancangan juga merekomendasikan *fallback*, *cache*, dan pengaturan frekuensi pembaruan data.

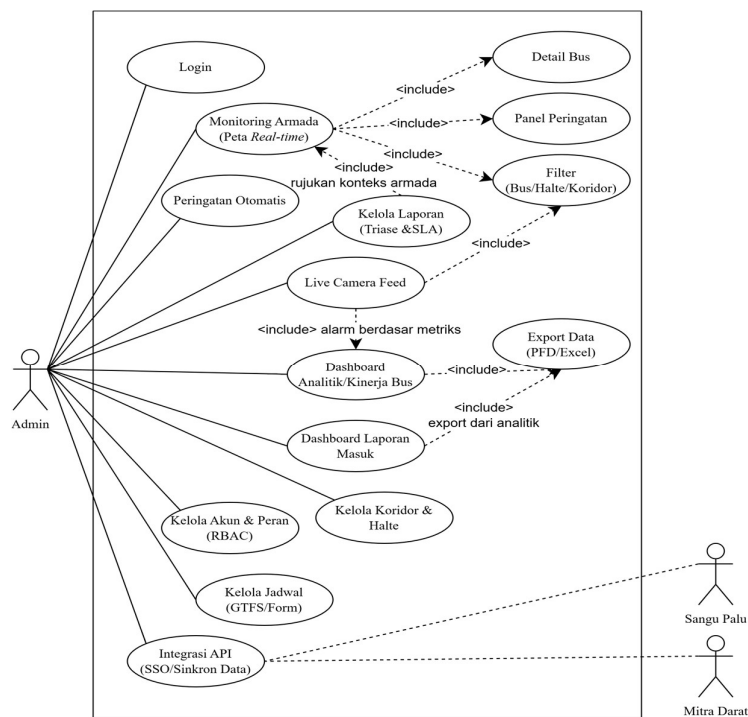
a. Use case diagram

Use case diagram digunakan untuk menjelaskan fungsi sistem dari sudut pandang aktor. Pada bagian ini, aktor dibagi menjadi penumpang, admin, petugas bus atau halte, dan operator atau sopir bus. Pada Gambar 3, penumpang menjadi aktor utama yang mengakses informasi perjalanan. Fitur yang dirancang mencakup pendaftaran, pencarian rute, melihat posisi bus, memilih halte terdekat, melihat jadwal dan rute, menggunakan *journey planner*, serta mengirim laporan.



Gambar 3. Diagram Use case Penumpang

Pada Gambar 4, admin berperan sebagai pengelola utama sistem. Admin mengatur data rute, halte, jadwal, armada, akun, laporan, *dashboard*, serta integrasi data dengan pihak terkait.

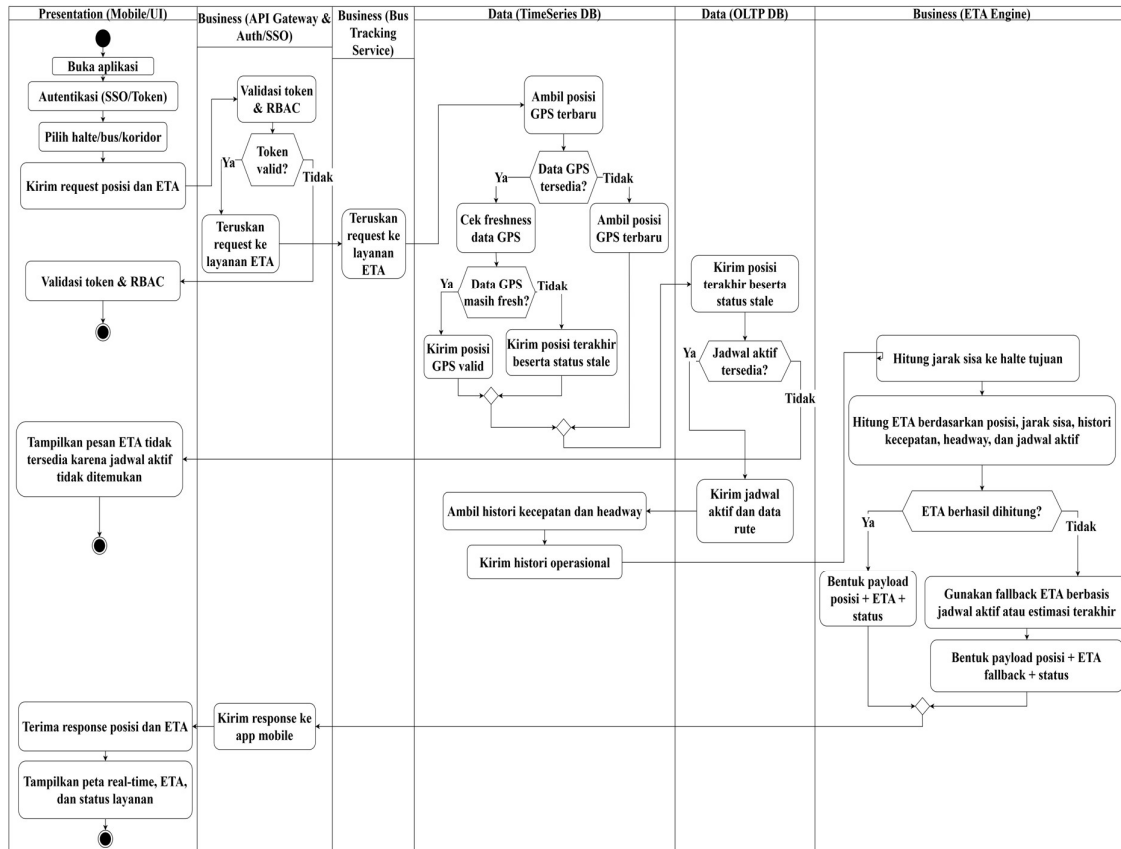


Gambar 4. Diagram Use case Admin

Gambar 4 menegaskan posisi admin sebagai pusat kendali layanan. Admin dapat memantau armada, meninjau laporan masuk, mengekspor data operasional, dan mengelola hubungan data dengan Sangu Palu serta Mitra Darat. Alur ini menjawab kebutuhan DISHUB untuk memiliki kendali lebih besar terhadap rute, jadwal, dan indikator layanan.

b. Activity diagram

Activity diagram digunakan untuk menggambarkan alur proses utama pada sistem dari sisi penumpang dan admin. Diagram ini membantu menunjukkan urutan aktivitas, validasi, percabangan proses, dan keluaran layanan. Gambar 5 menjelaskan alur penumpang saat melihat posisi bus secara *real-time*. Proses dimulai dari pembukaan aplikasi, pemilihan rute atau halte, permintaan data lokasi bus, validasi data GPS, perhitungan ETA, lalu penyajian posisi bus pada peta.

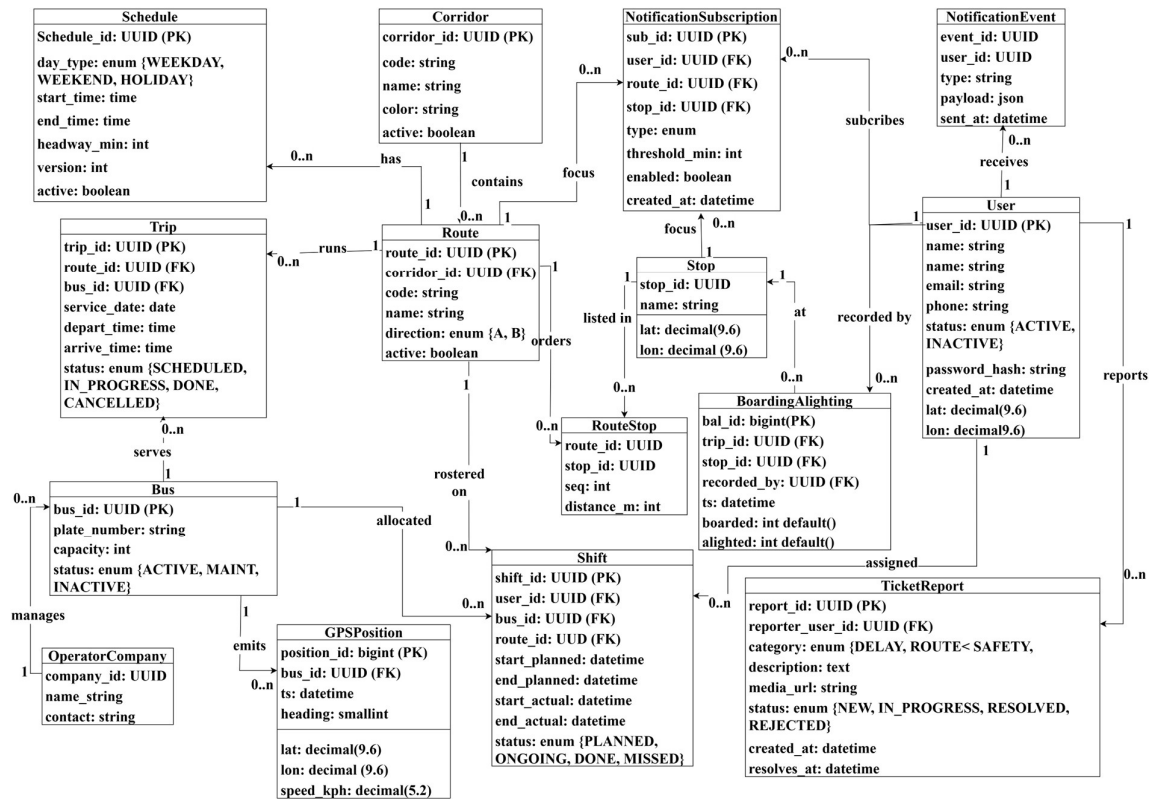


Gambar 5. Activity diagram Penumpang, Lihat Posisi Bus

Gambar 5 menunjukkan bahwa sistem perlu memeriksa ketersediaan data GPS sebelum menampilkan informasi kepada pengguna. Jika data tidak valid atau terlambat, sistem harus menyediakan mekanisme *fallback* agar pengguna tetap memperoleh informasi yang dapat dipahami.

c. Class diagram

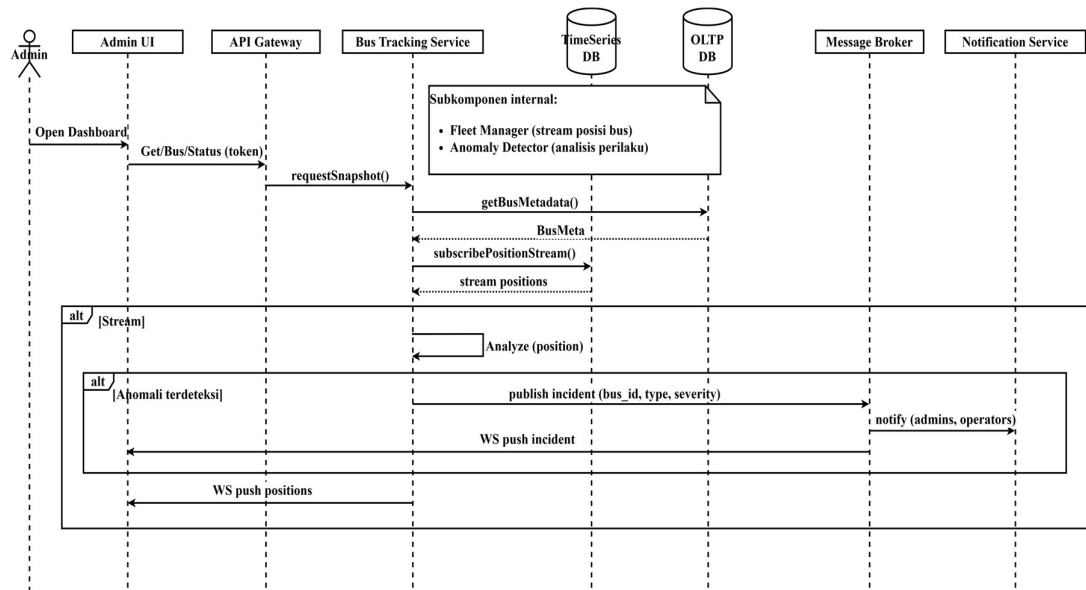
Class diagram menunjukkan struktur statis sistem dan hubungan antar objek pada rancangan ini. Struktur tersebut mencakup data pengguna, bus, rute, halte, jadwal, lokasi *GPS*, perjalanan, laporan, notifikasi, dan *dashboard*. Pada Gambar 6 memperlihatkan bahwa data perjalanan menjadi penghubung utama antara bus, rute, halte, jadwal, dan lokasi *GPS*. Entitas laporan dan notifikasi terhubung dengan pengguna agar sistem dapat mencatat masukan masyarakat sekaligus mengirim informasi layanan. Struktur ini menjadi dasar rancangan basis data pada tahap implementasi berikutnya.



Gambar 6. Class diagram

d. Sequence diagram

Sequence diagram digunakan untuk menjelaskan urutan pertukaran pesan antara aktor, antarmuka, API gateway, layanan utama, dan basis data. Diagram ini membantu memeriksa apakah proses yang ada pada *use case* dan *activity diagram* sudah memiliki alur interaksi teknis yang konsisten. Gambar 7 menjelaskan urutan interaksi admin saat memonitor armada. *Web admin* meminta data armada melalui *API gateway*, lalu layanan *tracking* mengambil data posisi terakhir, status perjalanan, dan informasi notifikasi dari layanan terkait.



Gambar 7. Sequence diagram Monitoring Armada

3.3. Evaluasi Artefak Sistem

Evaluasi desain sistem dilakukan untuk memastikan bahwa rancangan Sistem Monitoring Jadwal Bus Trans Palu telah sesuai dengan kebutuhan pengguna, prinsip desain sistem yang baik, dan prinsip layanan *e-government*. Penilaian dilakukan oleh tiga orang pakar di bidang transportasi dan teknologi informasi, serta arsitek sistem dengan menggunakan skala 1–5, kemudian hasilnya dihitung dalam bentuk skor rata-rata untuk setiap aspek evaluasi. Pada evaluasi konsistensi dan integrasi model, skor keseluruhan mencapai 3,65. Nilai terendah terdapat pada aspek integrasi, yaitu 2,6. Temuan ini menunjukkan bahwa model telah konsisten secara makna dan struktur, tetapi integrasi antarlayanan dan dokumentasi pertukaran data masih menjadi pekerjaan lanjutan. Temuan tersebut sejalan dengan tantangan *e-government* di Indonesia yang kerap muncul pada interoperabilitas, koordinasi antarlembaga, dan tata kelola data [18], [23].

Dari sisi kelayakan teknis, evaluasi berbasis area ISO/IEC 25010 menghasilkan skor agregat sekitar 3,0. *Compatibility* dan *maintainability* memperoleh skor 3,0. *Performance efficiency* dan *security* memperoleh skor 2,7. Artinya, rancangan sudah layak secara umum, tetapi aspek performa *real-time*, kualitas GPS, SLA layanan, autentikasi, dan perlindungan data perlu diperdalam. Validasi pakar memberikan rata-rata total 3,96 atau berada pada kategori layak. Nilai tertinggi terdapat pada relevansi dan kesesuaian kebutuhan dengan skor 4,56, diikuti kelengkapan model 4,23. Integrasi dan kompatibilitas memperoleh skor terendah, yaitu 3,40.

Temuan ini memperkuat bahwa artefak yang disusun telah mampu menjawab kebutuhan utama penelitian. Namun, pengembangan selanjutnya harus menitikberatkan pada integrasi dengan sistem eksternal, kebijakan keamanan, serta kedalaman spesifikasi teknis. Dengan kata lain, kekuatan utama artefak terletak pada struktur solusi dan keterhubungan antarmodul, sedangkan kelemahan utamanya masih berada pada detail implementasi. Dikaitkan dengan literatur, hasil penelitian ini memperluas fokus studi monitoring transportasi publik yang sebelumnya lebih banyak menempatkan penumpang sebagai pengguna utama [5, 6]. Ringkasan skor evaluasi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Ringkasan Skor Evaluasi

Aspek Evaluasi	Skor	Kategori	Temuan Inti
Konsistensi model	3,65	Layak	Model kuat pada aspek semantik dan struktural, tetapi integrasi masih perlu diperdalam
Kelayakan teknis	3,0	Layak dengan perbaikan	Performa <i>real-time</i> , kualitas GPS, dan keamanan perlu penguatan
Validasi pakar total	3,96	Layak	Artefak dinilai relevan dengan kebutuhan dan siap dilanjutkan
Skor tertinggi	4,56	Sangat layak	Relevansi dan kesesuaian kebutuhan telah terakomodasi dengan baik
Skor terendah	3,40	Cukup layak	Integrasi dan kompatibilitas menjadi prioritas pengembangan lanjutan

Selanjutnya untuk evaluasi keterwakilan kebutuhan menunjukkan bahwa sebagian besar kebutuhan fungsional utama sudah terwakili dalam artefak yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Evaluasi Kesesuaian Kebutuhan

Kode	Deskripsi Kebutuhan (Requirement)	Use Case / Ref (diagram)	Artefak (AD/CD/Arsitektur/Service)	Status	Temuan Evaluasi
F-P1	Melihat posisi bus <i>real-time</i> pada peta interaktif	UC-Penumpang	AD-PosisiBus, CD: Bus,GPSPData, <i>BusTrackingService</i>	✓ Terwakili	Flow <i>real-time</i> ada; ketentuan frekuensi <i>update</i> belum detail
F-P2	Menampilkan ETA per halte	UC-Penumpang	AD-ETA, CD: ETA, <i>ETA Engine service</i>	✓ Parsial	ETA disebut; algoritma & sumber peta tidak rinci
F-P3	<i>Journey planner</i> / rute tercepat & alternatif	UC-Penumpang	AD- <i>JourneyPlanner</i> , <i>Journey & Route Service</i>	✓ Terwakili	Fitur ada; integrasi rute alternatif baik tapi kriteria pemilihan tidak tertulis
F-P4	Melaporkan masalah/keluhan (text + foto/video)	UC-Penumpang	AD-KirimLaporan, CD: <i>Report, Object Storage</i>	✓ Terwakili	<i>Upload</i> media disebut; <i>flow</i> verifikasi dan SLA tindak lanjut kurang jelas
F-P5	Menerima notifikasi <i>real-time</i> (bus mendekat/perubahan)	UC-Penumpang	<i>Notification service</i> , AD-Notifikasi	✓ Parsial	Target latensi <10 detik sudah ditetapkan sebagai acuan desain, tetapi belum diuji secara teknis pada tahap implementasi.

Kode	Deskripsi Kebutuhan (Requirement)	Use Case / Ref (diagram)	Artefak (AD/CD/Arsitektur/Service)	Status	Temuan Evaluasi
F-A1	Monitoring armada <i>real-time</i> & filter per koridor/rute	UC-Admin	Dashboard Admin (web), BusTracking Service, Analytics & KPI Service	✓ Terwakili	Filter & <i>live feed</i> ada; beban <i>query dashboard</i> belum dianalisis
F-A2	Manajemen master data: bus, rute, halte, akun	UC-Admin	CD: Bus, Rute, Halte, User; Modul Manajemen	✓ Terwakili	CRUD ada; validasi <i>business rule (conflict schedule)</i> belum lengkap
F-A3	Kelola laporan: terima, review, tindak lanjut, export	UC-Admin	Laporan & Tindak Lanjut Service, AD-KelolaLaporan	✓ Parsial	Alur kelola laporan ada; format ekspor disebut tapi contoh <i>query</i> tidak ada
F-A4	<i>Live camera feed</i> & peringatan otomatis (keterlambatan/ <i>overcapacity</i>)	UC-Admin	Integrasi CCTV/LiveFeed, Alerting Service	✓ Terwakili (konsep)	<i>Live feed</i> dirancang; <i>requirement bandwidth</i> & privasi tidak disebut
F-O1	Akses <i>shift/rute</i> , notifikasi pra-shift, laporan perjalanan	UC-Operator	Shift & Roster Service, Modul Operator	✓ Terwakili	Fungsi ada; integrasi telemetri (km, waktu) perlu penajaman
F-T1	Mulai/akhiri shift; catat penumpang naik/turun (manual/QR)	UC-Petugas	Modul Petugas, CD: Shift, EventHalte	✓ Terwakili	QR <i>flow</i> disebut; proses sinkronisasi saat <i>offline</i> perlu dijelaskan
F-R1	Generate laporan operasional (harian/mingguan)	UC-Admin	Analytics & KPI Service, Data Warehouse	✗ Perlu Perbaikan	Struktur data & <i>query</i> laporan belum didefinisikan

Berdasarkan Tabel 4, sebagian besar kebutuhan fungsional telah terwakili penuh, beberapa masih parsial dan perlu penyempurnaan teknis, serta satu kebutuhan masih memerlukan penguatan substansial. Kebutuhan F-R1 tentang laporan operasional belum terwakili secara penuh karena rancangan sistem masih lebih menekankan fungsi monitoring *real-time*, ETA, pelaporan pengguna, dan *dashboard* admin. Meskipun *analytics service* sudah disebut dalam arsitektur, rancangan belum menjelaskan secara rinci struktur data laporan, periode pelaporan, indikator operasional, proses agregasi data, serta format keluaran laporan harian atau mingguan. Dengan demikian, kebutuhan laporan operasional tidak sepenuhnya hilang, tetapi masih berada pada tingkat konseptual dan perlu diperkuat pada tahap pengembangan berikutnya. Tidak ada kebutuhan utama yang sama sekali tidak direpresentasikan, sehingga artefak sistem telah memenuhi aspek *completeness* dan *consistency*, meski detail teknis seperti ETA, notifikasi *real-time*, integrasi, keamanan, dan pelaporan operasional masih perlu diperbaiki.

Rancangan yang dihasilkan menambahkan sisi tata kelola melalui modul admin daerah dan dukungan data lapangan melalui petugas dan operator. Pendekatan ini juga sejalan dengan gagasan layanan mobilitas cerdas yang harus responsif terhadap konteks lokal, dapat dikustomisasi, dan berbasis kolaborasi antaraktor [8], [13]. Oleh karena itu, kontribusi utama penelitian ini bukan pada implementasi aplikasi, melainkan pada penyusunan fondasi arsitektur yang dapat dipakai pemerintah daerah untuk membangun layanan monitoring transportasi publik yang lebih terintegrasi.

Berdasarkan hasil evaluasi, rancangan sistem yang diusulkan menunjukkan perbaikan dibandingkan kondisi sistem berjalan. Pada sistem eksisting, informasi layanan Trans Palu masih menghadapi kendala akurasi GPS, keterbatasan notifikasi *real-time*, dan belum optimalnya kendali pembaruan data oleh pemerintah daerah. Rancangan ini memperbaiki kondisi tersebut melalui integrasi layanan bus *tracking*, ETA, *journey planner*, notifikasi, pelaporan, dan dashboard monitoring dalam satu arsitektur sistem. Keunggulan rancangan ini tidak hanya terletak pada penyediaan informasi perjalanan bagi penumpang, tetapi juga pada dukungan pengelolaan layanan bagi pemerintah daerah. Admin dapat mengelola rute, jadwal, armada, laporan, dan indikator layanan secara lebih terstruktur. Dengan demikian, sistem usulan lebih baik dibandingkan kondisi saat ini karena mampu menghubungkan kebutuhan penumpang dengan kebutuhan pengawasan operasional, sehingga dapat mendukung layanan transportasi publik yang lebih akurat, responsif, dan terukur.

Serangkaian penyempurnaan dilakukan setelah evaluasi. Penelitian ini menambahkan penjelasan logika ETA, kanal notifikasi utama, pembatasan frekuensi pengiriman notifikasi, dokumentasi integrasi layanan, uraian autentikasi dan otorisasi, serta struktur data laporan operasional. Dengan demikian, kualitas artefak meningkat melalui hubungan timbal balik antara model awal, umpan balik evaluator, dan revisi rancangan. Dari sudut pandang praktis, rancangan ini dapat membantu pemerintah daerah memetakan tahapan implementasi secara lebih realistis.

3.4. Diskusi

Hasil penelitian ini memberi arah implementasi yang cukup jelas bagi pemerintah daerah. Tahap pertama yang paling realistis adalah membangun modul admin dan penumpang sebagai inti layanan. Modul admin dibutuhkan untuk mengatur rute, jadwal, akun, dan *dashboard* pengawasan. Modul penumpang dibutuhkan untuk memberi manfaat publik yang langsung terasa, terutama informasi posisi bus, ETA, halte terdekat, dan notifikasi layanan. Dengan fokus awal seperti ini, pemerintah dapat membangun fondasi sistem tanpa harus menunggu seluruh integrasi operasional selesai sekaligus.

Tahap kedua dapat diarahkan pada penguatan integrasi dengan operator dan petugas lapangan. Pada tahap ini, kualitas data menjadi prioritas. Pencatatan insiden, validasi perjalanan, dan pembaruan status halte harus dikaitkan dengan alur layanan yang sederhana agar tidak menambah beban kerja lapangan. Integrasi semacam ini penting karena kualitas informasi penumpang sangat bergantung pada kualitas data operasional. Tanpa alur input data yang jelas, *dashboard* dan notifikasi hanya akan menampilkan informasi yang tidak stabil [19], [24].

Tahap ketiga adalah penguatan tata kelola sistem. Pemerintah daerah perlu menyiapkan standar pertukaran data, kebijakan keamanan, mekanisme audit log, dan indikator layanan yang dipantau secara rutin. Pada tahap implementasi lanjutan, sistem monitoring tidak lagi hanya menjadi aplikasi informasi, tetapi juga instrumen manajemen layanan publik [22], [23]. Agenda lanjutan juga perlu mencakup pengujian pengalaman pengguna, pengukuran waktu respons sistem, evaluasi akurasi ETA, serta studi biaya implementasi agar keputusan pengembangan dapat dibuat secara lebih terukur dan berkelanjutan.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena hanya sampai pada tahap perancangan artefak dan belum mencakup implementasi kode program. Oleh karena itu, klaim kelayakan sistem bersifat konseptual berdasarkan evaluasi desain, bukan hasil pengujian empiris pada sistem berjalan. Penelitian ini juga belum mencakup pengujian performa *real-time*, pengujian beban, pengukuran akurasi GPS secara kuantitatif, serta analisis biaya implementasi. Dengan demikian, hasil penelitian ini lebih tepat dipahami sebagai dasar konseptual untuk pengembangan sistem pada tahap berikutnya.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan rancangan sistem monitoring jadwal Bus Trans Palu yang menempatkan kebutuhan informasi penumpang dan kebutuhan pengelolaan data pemerintah daerah dalam satu arsitektur yang terintegrasi. Artefak yang dihasilkan mencakup modul penumpang, admin, operator, dan petugas, dengan fokus detail pada modul penumpang dan admin. Fitur utama yang dirancang meliputi posisi bus *real-time*, ETA, *journey planner*, pengelolaan rute dan jadwal, monitoring armada, *dashboard* KPI, notifikasi, dan pelaporan masalah. Kontribusi penelitian ini juga mencakup identifikasi kebutuhan fungsional berdasarkan survei terhadap 67 responden, serta memperkaya literatur desain sistem transportasi publik untuk kota menengah melalui arsitektur monitoring yang terintegrasi dan berbasis kebutuhan lokal.

Berdasarkan evaluasi, artefak memiliki konsistensi model sebesar 3,65, kelayakan teknis sekitar 3,0, dan validasi pakar sebesar 3,96. Hasil tersebut menunjukkan bahwa rancangan berada pada kategori layak dan dapat dijadikan dasar konseptual untuk pengembangan sistem pada tahap berikutnya. Temuan ini bermanfaat bagi Pemerintah Kota Palu, khususnya Dinas Perhubungan, dalam mengembangkan layanan transportasi digital yang lebih terintegrasi, responsif, dan sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Penelitian lanjutan perlu memfokuskan diri pada implementasi nyata, pengujian performa *real-time*, penguatan integrasi API, pengamanan data, dan evaluasi pengalaman pengguna di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. D. Haycal, A. I. Rifai, and J. Thole, "Community Perception of Local Public Transportation (Angkot) Performance in Palu , Indonesia," *J. Ilm. Multidisiplin Indones.*, vol. 2, no. 5, pp. 906–915, 2022, doi: 10.53866/jimi.v2i5.208.
- [2] E. D. Fortuna, S. Malkhamah, and M. Z. Irawan, "Perencanaan Angkutan Khusus Pegawai Kantor Pemerintah Tingkat Kota Di Kawasan Balai Kota Palu," vol. 22, no. 5, pp. 95–99, 2022, doi: 10.46930/ojsuda.v30i2.1674.
- [3] A. Hernita, N. T. Lapatta, S. K. Nur, and D. W. Nugraha, "Implementasi Smart Housing Services Akses Hunian Berkualitas Melalui Teknologi Digital," vol. 1, no. 2, pp. 158–165, 2025, doi: <https://doi.org/10.63822/0r4aa406>.
- [4] D. L. Jayanto, Nu'man, and A. P. Primanto, "Perancangan Desain User Interface Sistem Informasi Peminjaman dan Pengembalian Dokumen Rekam Medis di Puskesmas Jabung," *J. Heal. Inf. Manag. Indones.*, vol. 3, no. 1, pp. 44–52, 2022, doi: <https://doi.org/10.46808/jhimi.v3i1.58>.
- [5] Syahrullah, A. M. Najar, H. R. Ngemba, and S. Hendra, "Desain dan Implementasi Sistem Informasi Pengawasan Hutan Produksi di Wilayah Provinsi Sulawesi Tengah," *Sist. J. Sist. Inf.*, vol. 14, no. 2, pp. 845–855, 2025, [Online]. Available: <https://sistemasi.ftik.unisi.ac.id/index.php/stmsi/article/view/5073/943>
- [6] A. Durand, T. Zijlstra, M. Hamersma, N. Van Oort, S. Hoogendoorn, and S. Hoogendoorn-lanser, "Transportation Research Interdisciplinary Perspectives Fostering an inclusive public transport system in the digital era: An interdisciplinary approach," *Transp. Res. Interdiscip. Perspect.*, vol. 22, no. 100968, p. 1-12, 2023, doi:

- 10.1016/j.trip.2023.100968.
- [7] de Oña, J, "Service quality , satisfaction and behavioral intentions towards public transport from the point of view of private vehicle users," *Transportation.*, vol. 49, no.1, pp. 237-269, 2022, doi: 10.1007/s11116-021-10175-7.
- [8] E. Susianti, O. Robika, and Y. P. Wijaya, "Penerapan Real Time Passenger Information System untuk Peningkatan Kualitas Pelayanan pada Bus Transmetro Pekanbaru," *J. Elem.*, vol. 9, no. 2, pp. 192–202, 2023, doi: 10.35143/elementer.v9i2.5792.
- [9] B. Henriquez-Jara, J. Arriagada, K. Montenegro, A. Tirachini, and M. Munizaga, "The effects of a real-time public transport information app on travel behaviour, traffic levels and the environment," *Travel Behav. Soc.*, vol. 40, no. 101024, 2025, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2025.101024>
- [10] P. Hayati, K. Harsanto, A. R. N. Fauzie, and A. Rifai, "Sistem informasi kehadiran sopir pada pt blue bird tbk berbasis web," *IDEALIS Indones. J. Inf. Syst.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–9, 2025, [Online]. Available: <https://jom.fti.budiluhur.ac.id/IDEALIS/article/view/3341/1383>
- [11] N. F. Bokings, M. F. Djibran, L. C. Putri, and A. A. Kadim, "Transpeed : Aplikasi Tracking Bus Trans Secara Real-time Menggunakan GPS Berbasis Mobile," vol. 1, no. 1, pp. 33–37, 2023. Available: <https://bulettingemastik.id/index.php/bg/article/view/11>
- [12] A. Yuniar, M. M. Sari, R. Adelia, I. Nurfadhilah, A. Putri, and I. A. Kurniawan, "Implementation of the Smart Mobility Concept in the Public Transportation System (Case Study on Transjakarta Services)," *J. Multidisiplin Sahombu*, vol. 6, no. 2, pp. 183–190, 2026. Available: <https://ejournal.seaninstitute.or.id/index.php/JMS/article/view/8066/6075>
- [13] R. R. D. P. PTP and M. E. Atmojo, "Smart Mobility Development Through Public Transportation in the Special Region of Yogyakarta," *Kemudi J. Ilmu Pemerintah.*, vol. 10, no. 2, pp. 68–75, 2026. Available: <https://doi.org/10.31629/kemudi.v10i2.8256>
- [14] D. Oladimeji, K. Gupta, N. A. Kose, K. Gundogan, L. Ge, and F. Liang, "Smart Transportation : An Overview of Technologies," *Sensors*, vol. 23, no. 8, pp. 1–32, 2023, doi: 10.3390/s23083880.
- [15] C. Gheorghe and A. Soica, "Revolutionizing Urban Mobility : A Systematic Review of AI , IoT , and Predictive Analytics in Adaptive Traffic Control Systems for Road Networks," *Electronics*, vol. 14, no. 4, pp. 1–25, 2025, doi: 10.3390/electronics14040719.
- [16] P. M. J. Delpor, R. Von Solms, M. Gerber, "Methodological guidelines for design science research," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 237, pp. 195–203, 2024, doi: 10.1016/j.procs.2024.05.096.
- [17] M. A. Fathullah, A. Subbarao, A. Ahmad, and S. Muthaiyah, "Merging Qualitative Design Methods With Design Science," *Int. J. Qual. Methods*, vol. 24, no. 80, pp. 1–11, 2025, doi: 10.1177/16094069251337585.
- [18] E. M. S. Mustika, I. U. Choiriyah, and A. Riyadh U.B, "The implementation of E-government in the sector transportation (studi on Area Traffic Control System program resources in Sidoarjo district)," *JKMP (Jurnal Kebijak. dan Manaj. Publik)*, vol. 10, no. 1, pp. 54–63, 2022, doi: 10.21070/jkmp.v10i1.1688.
- [19] H. Khaled, K. Tarek, W. Mohamed, and M. Hussein, "Intelligent Transportation System Real-Time Tracking," *Qeios*, Jun. 24, 2023, doi: 10.32388/2VSP18.
- [20] B. C. Putra, D. Anubhakti, and G. P. Utama, "Analisa Dan Desain Sistem Monitoring Transaksi Data Center Dan Disaster Recovery Center Pada Ditjen Kependudukan Dan Pencatatan Sipil," *IDEALIS Indones. J. Inf. Syst.*, vol. 5, no. 2, pp. 135–140, 2022, doi: 10.36080/idealis.v5i2.2938.
- [21] Amazon Web Services, "What Is Amazon API Gateway?," *AWS Documentation*, 2026. [Online]. Available: <https://docs.aws.amazon.com/apigateway/latest/developerguide/welcome.html>. [Accessed: May. 1, 2026].
- [22] R. Sianturi and T. Dompok, "Efektivitas Inovasi Pelayanan Transportasi Trans Batam Berbasis E-Government oleh Dinas Perhubungan Kota Batam," *Sci. J.*, vol. 5, no. 5, pp. 1-9, 2023, doi: <https://doi.org/10.33884/scientiajournal.v5i5.7567>.
- [23] A. Kennedy, W. H. Surya, dan F. X. Wartoyo, "Tantangan dan Solusi Penerapan E-Government di Indonesia", *jipm*, vol. 4, no. 2, hlm. 134–147, Des 2024, doi: 10.33701/jipm.v4i2.4459.
- [24] F. Michelotto and L. A. Joia, "Unveiling the Smart City Concept: Perspectives from an Emerging Market via the Social Representation Theory," *Sustainability*, vol. 15, no. 10, pp. 1–16, 2023, doi: 10.3390/su15108155.