

PERANCANGAN SMART MOBILITY RUTE DAN KEMACETAN LALU LINTAS BATAM

Sherly Agustini¹, Aysha Ayshia Rey², Harkam Tujantri³

Universitas Ibnu Sina

Email: ¹sherlyagustini96@gmail.com, ²241055201018@uis.ac.id, ³harkamt@gmail.com

Abstract: Traffic congestion in Batam City has become one of the major issues affecting community mobility due to the increasing number of vehicles and the limited availability of road condition information. This study aims to design a Smart Mobility system capable of providing traffic congestion information and recommending more efficient travel routes. The research employed the Waterfall method, which consists of the stages of requirement analysis, system design, implementation, testing, and maintenance. Data were collected through observation, literature review, and secondary data, including road network data, traffic congestion data, route data, estimated travel time, and user input data. The result of this study is a Smart Mobility system prototype featuring user login, dashboard, route search, traffic information, and route recommendation functions. System testing using the Black Box Testing method demonstrated that all main features functioned according to the specified system requirements. Therefore, the proposed system is expected to serve as a foundation for the development of intelligent transportation systems in Batam City and to assist the public in obtaining more effective and efficient travel information.

Keywords: Smart Mobility; Traffic Congestion; Route Recommendation; Waterfall; Black Box Testing; Batam City.

Abstrak: Kemacetan lalu lintas di Kota Batam menjadi salah satu permasalahan yang memengaruhi mobilitas masyarakat akibat meningkatnya volume kendaraan dan keterbatasan informasi mengenai kondisi jalan. Penelitian ini bertujuan merancang sistem Smart Mobility yang mampu memberikan informasi kondisi kemacetan serta rekomendasi rute perjalanan yang lebih efisien. Metode penelitian yang digunakan adalah metode Waterfall dengan tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, studi pustaka, dan penggunaan data sekunder berupa data jalan, data kemacetan, data rute, estimasi waktu tempuh, serta data masukan pengguna. Hasil penelitian berupa prototype sistem Smart Mobility yang memiliki fitur login, dashboard, pencarian rute, informasi kemacetan, dan rekomendasi rute perjalanan. Pengujian menggunakan metode Black Box Testing menunjukkan bahwa seluruh fitur utama telah berfungsi sesuai dengan kebutuhan yang dirancang. Dengan demikian, sistem yang dirancang diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan sistem transportasi cerdas di Kota Batam serta membantu masyarakat memperoleh informasi perjalanan yang lebih efektif dan efisien.

Kata kunci: Smart Mobility; Kemacetan Lalu Lintas; Rekomendasi Rute; Waterfall; Black Box Testing; Kota Batam.

PENDAHULUAN

Perkembangan kawasan perkotaan mendorong peningkatan mobilitas masyarakat yang berdampak pada semakin tingginya kebutuhan akan sistem

transportasi yang efisien, aman, dan berkelanjutan (Burger, 2025; Chatziioannou et al., 2023; Lättman & Otsuka, 2024). Pertumbuhan jumlah kendaraan yang tidak sebanding dengan kapasitas infrastruktur jalan menyebabkan

kemacetan menjadi salah satu permasalahan utama di berbagai kota berkembang. Kondisi tersebut tidak hanya meningkatkan waktu tempuh perjalanan, tetapi juga berdampak terhadap konsumsi bahan bakar, biaya transportasi, produktivitas masyarakat, serta peningkatan emisi karbon. Oleh karena itu, pemerintah berbagai negara mulai menerapkan konsep *Smart City* dengan memanfaatkan teknologi digital sebagai sarana meningkatkan kualitas pelayanan publik, salah satunya melalui implementasi *Smart Mobility* (Alam et al., 2024; Waqar et al., 2023).

Smart Mobility merupakan salah satu pilar utama dalam pengembangan Smart City yang berorientasi pada pemanfaatan teknologi informasi, sistem transportasi cerdas (*Intelligent Transportation System*), Internet of Things (IoT), Global Positioning System (GPS), analisis data, dan layanan berbasis lokasi untuk mendukung pengelolaan mobilitas perkotaan secara lebih efektif (Biancuzzi et al., 2024; Nguyen et al., 2024). Integrasi berbagai teknologi tersebut memungkinkan pengguna memperoleh informasi kondisi lalu lintas, estimasi waktu perjalanan, hingga rekomendasi rute alternatif secara cepat sehingga keputusan perjalanan dapat dilakukan secara lebih efisien. Selain meningkatkan kenyamanan pengguna, implementasi Smart Mobility juga berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi transportasi, pengurangan kemacetan, dan optimalisasi pemanfaatan jaringan jalan (Brito et al., 2024; Wu et al., 2024; Zhang et al., 2024).

Sebagai salah satu pusat industri, perdagangan, dan investasi di Provinsi Kepulauan Riau, Kota Batam memiliki tingkat mobilitas masyarakat yang relatif tinggi. Aktivitas kawasan industri, pelabuhan internasional, pusat perdagangan, kawasan permukiman, serta destinasi wisata menyebabkan arus kendaraan berlangsung hampir sepanjang hari pada sejumlah ruas jalan utama (Alkatiri et al., 2026; Sugito et al., 2026). Kondisi tersebut sering menimbulkan

kepadatan lalu lintas terutama pada jam sibuk sehingga waktu perjalanan menjadi kurang dapat diprediksi. Di sisi lain, informasi mengenai kondisi lalu lintas dan alternatif rute masih tersebar pada berbagai platform sehingga pengguna harus mengakses beberapa layanan secara terpisah untuk memperoleh informasi perjalanan yang dibutuhkan (Ahmed et al., 2024; Yan et al., 2025).

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan konsep Smart Mobility melalui berbagai pendekatan. Sebagian penelitian berfokus pada penerapan *Intelligent Transportation System* (ITS) untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan lalu lintas. Penelitian lainnya mengembangkan sistem prediksi kemacetan menggunakan *Artificial Intelligence*, analisis data lalu lintas, maupun Internet of Things sebagai dasar pengambilan keputusan transportasi. Selain itu, terdapat penelitian yang memanfaatkan Global Positioning System (GPS), Geographic Information System (GIS), dan algoritma pencarian jalur untuk menghasilkan rekomendasi rute perjalanan yang lebih optimal. Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi digital mampu meningkatkan kualitas layanan transportasi serta membantu pengguna memperoleh informasi perjalanan secara lebih efektif (Abirami et al., 2024; Anitha Selvasofia et al., 2025; Jalil et al., 2024).

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada pengembangan model prediksi kemacetan, optimasi algoritma pencarian rute, atau implementasi *Intelligent Transportation System* secara umum. Penelitian yang mengintegrasikan informasi kemacetan, rekomendasi rute perjalanan, pengelolaan data lalu lintas, serta visualisasi informasi berbasis web yang disesuaikan dengan karakteristik Kota Batam masih relatif terbatas. Selain itu, sebagian penelitian lebih menitikberatkan pada aspek analisis atau simulasi sehingga belum menghasilkan rancangan sistem yang dapat menjadi dasar implementasi layanan Smart

Mobility bagi masyarakat maupun pemerintah daerah.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu rancangan sistem Smart Mobility yang mampu mengintegrasikan informasi kondisi lalu lintas, pencarian rute, estimasi waktu tempuh, serta rekomendasi jalur alternatif ke dalam satu platform berbasis web. Integrasi layanan tersebut diharapkan dapat mempermudah masyarakat memperoleh informasi perjalanan secara cepat, membantu memilih rute yang lebih efisien, serta mendukung pengembangan ekosistem transportasi cerdas di Kota Batam.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang sistem Smart Mobility: Rute dan Kemacetan Lalu Lintas Batam menggunakan metode Waterfall sebagai pendekatan pengembangan perangkat lunak. Sistem yang dirancang diharapkan mampu menjadi prototipe layanan informasi mobilitas yang menyediakan informasi kondisi lalu lintas, rekomendasi rute perjalanan, serta pengelolaan data transportasi secara terintegrasi sehingga dapat mendukung pengembangan Smart City di Kota Batam.

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan sistem Smart Mobility berbasis web yang mengintegrasikan informasi kondisi kemacetan, rekomendasi rute perjalanan, estimasi waktu tempuh, dan pengelolaan data lalu lintas dalam satu platform. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya berfokus pada prediksi kemacetan, optimasi algoritma pencarian rute, atau implementasi Intelligent Transportation System secara parsial, penelitian ini menyajikan rancangan sistem yang menggabungkan fungsi-fungsi tersebut ke dalam sebuah prototipe yang disesuaikan dengan karakteristik mobilitas Kota Batam. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan sistem transportasi cerdas pada tingkat daerah sekaligus menjadi dasar bagi penelitian selanjutnya yang mengintegrasikan data lalu lintas secara

real-time, teknologi Internet of Things (IoT), maupun kecerdasan buatan untuk mendukung implementasi Smart City yang berkelanjutan.

METODE

Lokasi dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kota Batam, Provinsi Kepulauan Riau, dengan objek penelitian berupa ruas jalan utama, titik kemacetan, dan jalur transportasi yang menjadi pusat aktivitas masyarakat. Proses perancangan sistem dilakukan di Program Studi Teknik Informatika Universitas Ibnu Sina menggunakan data yang diperoleh dari instansi terkait serta sumber informasi resmi. Kota Batam dipilih sebagai lokasi penelitian karena memiliki mobilitas masyarakat yang tinggi sehingga memerlukan sistem *Smart Mobility* yang mampu menyajikan informasi rute dan kondisi lalu lintas secara efektif.

Data yang Digunakan

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber resmi, meliputi data jaringan jalan, titik kemacetan, kondisi lalu lintas, alternatif rute perjalanan, serta informasi pendukung lainnya yang berkaitan dengan sistem transportasi di Kota Batam. Data tersebut digunakan sebagai dasar dalam proses analisis kebutuhan, perancangan sistem, penyusunan basis data, hingga pengembangan *prototype* sistem *Smart Mobility*.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui studi literatur, observasi, dan dokumentasi. Studi literatur digunakan untuk memperoleh referensi mengenai Smart Mobility, Intelligent Transportation System (ITS), sistem informasi geografis, metode Waterfall, serta teknologi yang digunakan dalam pengembangan sistem. Observasi dilakukan untuk

mengidentifikasi kondisi lalu lintas dan kebutuhan pengguna terhadap informasi rute di Kota Batam, sedangkan dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan data pendukung berupa peta jaringan jalan, titik kemacetan, dan informasi rute yang diperoleh dari instansi terkait maupun sumber resmi.

Software Development Life Cycle (SDLC)

Software Development Life Cycle (SDLC) merupakan metode pengembangan perangkat lunak yang dilakukan secara sistematis melalui tahapan analisis, perancangan, implementasi, pengujian, penerapan, dan pemeliharaan (Chatziioannou et al., 2023). Pada penelitian Perancangan Smart Mobility: Rute dan Kemacetan Lalu Lintas Batam, SDLC digunakan sebagai acuan dalam proses pengembangan prototype agar setiap tahapan dapat dilakukan secara terstruktur sehingga menghasilkan sistem yang sesuai dengan kebutuhan pengguna.

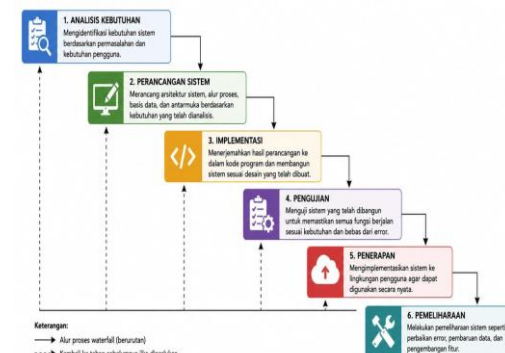


Gambar 2.1 Software Development Life Cycle (SDLC)

Gambar Software Development Life Cycle (SDLC) menunjukkan alur pengembangan perangkat lunak yang terdiri atas enam tahapan, yaitu Requirement Analysis, System Design, Implementation, Testing, Deployment, dan Maintenance. Seluruh tahapan dilakukan secara berurutan sehingga setiap proses menghasilkan keluaran yang akan digunakan sebagai dasar pada proses berikutnya. Dengan penerapan SDLC, proses pengembangan Sistem Smart Mobility dapat dilakukan secara lebih terstruktur sehingga mampu menghasilkan sistem yang sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Metode Waterfall

Model Waterfall merupakan salah satu model pengembangan perangkat lunak dalam Software Development Life Cycle (SDLC) yang menggunakan pendekatan berurutan, di mana setiap tahapan harus diselesaikan sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya (Chatziioannou et al., 2023). Pada penelitian Perancangan Smart Mobility: Rute dan Kemacetan Lalu Lintas Batam, model Waterfall dipilih karena kebutuhan sistem telah ditentukan sejak awal sehingga proses pengembangan dapat dilakukan secara sistematis, mulai dari analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, penerapan, hingga pemeliharaan. Setiap tahapan menghasilkan keluaran yang menjadi acuan bagi tahap selanjutnya, sehingga memudahkan proses dokumentasi, evaluasi, dan pengembangan prototype sesuai dengan kebutuhan pengguna.



Gambar 2.2 Waterfall

Gambar metode *Waterfall* menunjukkan alur pengembangan sistem yang dilakukan secara berurutan dimulai dari Analisis Kebutuhan, Perancangan Sistem, Implementasi, Pengujian, Penerapan, dan Pemeliharaan. Setiap tahapan memiliki tujuan yang berbeda, namun saling berhubungan sehingga proses pengembangan dapat berjalan secara terstruktur. Tahapan tersebut digunakan sebagai pedoman dalam membangun Sistem Smart Mobility agar sistem yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan pengguna dan mampu memberikan solusi terhadap permasalahan kemacetan lalu lintas di Kota Batam.

Requirement Analysis (Analisis Kebutuhan)

Tahap *Requirement Analysis* merupakan proses awal untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem berdasarkan hasil studi literatur, observasi, dan analisis terhadap permasalahan transportasi di Kota Batam. Analisis dilakukan untuk menentukan kebutuhan fungsional, seperti penyajian informasi kondisi lalu lintas, pencarian rute, rekomendasi jalur alternatif, serta estimasi waktu tempuh. Selain itu, ditetapkan pula kebutuhan nonfungsional yang mencakup aspek kemudahan penggunaan (*usability*), keamanan sistem, kinerja aplikasi, dan kompatibilitas pada berbagai peramban (*web browser*). Hasil analisis ini menjadi acuan dalam proses perancangan sistem pada tahapan selanjutnya.

System Design (Perancangan Sistem)

Tahap *System Design* bertujuan menyusun rancangan sistem berdasarkan kebutuhan yang telah diidentifikasi pada tahap sebelumnya. Perancangan dilakukan dengan menyusun arsitektur sistem, desain basis data, rancangan antarmuka pengguna (*User Interface*), serta pemodelan menggunakan *Unified Modeling Language* (UML) yang meliputi *Use Case Diagram*, *Activity Diagram*, dan *Sequence Diagram*. Tahap ini menghasilkan rancangan sistem yang menjadi pedoman dalam proses pengembangan *prototype* Smart Mobility.

Implementation (Implementasi)

Tahap *Implementation* merupakan proses merealisasikan rancangan sistem ke dalam bentuk *prototype* yang dapat dijalankan. Pengembangan sistem dilakukan menggunakan framework Laravel sebagai *backend* dan React sebagai *frontend*, sehingga mampu menghasilkan antarmuka yang interaktif dan responsif. Implementasi mencakup pembangunan fitur autentikasi pengguna, informasi kondisi lalu lintas, pencarian lokasi tujuan, rekomendasi rute, serta penyajian estimasi waktu tempuh

berdasarkan kebutuhan sistem yang telah dirancang.

Testing (Pengujian)

Tahap *Testing* dilakukan untuk mengevaluasi kesesuaian fungsi sistem dengan kebutuhan yang telah ditentukan pada tahap analisis. Pengujian menggunakan metode *Black Box Testing* dengan memverifikasi setiap fungsi berdasarkan masukan (*input*) dan keluaran (*output*) tanpa memperhatikan struktur kode program. Pengujian difokuskan pada validasi fitur utama, seperti proses autentikasi, pencarian rute, penyajian informasi lalu lintas, serta rekomendasi jalur alternatif agar sistem dapat beroperasi sesuai dengan tujuan pengembangannya.

Deployment (Penerapan Sistem)

Tahap *Deployment* merupakan proses penerapan *prototype* ke dalam lingkungan pengembangan agar seluruh fungsi sistem dapat dioperasikan dan dievaluasi. Pada penelitian ini, proses penerapan dilakukan melalui konfigurasi aplikasi, basis data, serta integrasi layanan yang mendukung penyajian informasi rute dan kondisi lalu lintas. Tahap ini bertujuan memastikan bahwa sistem dapat berjalan dengan baik sebelum dilakukan pengembangan lebih lanjut menjadi aplikasi yang siap digunakan.

Maintenance (Pemeliharaan)

Tahap *Maintenance* dilakukan untuk menjaga kualitas dan keberlangsungan fungsi sistem setelah proses implementasi selesai. Kegiatan pemeliharaan meliputi perbaikan kesalahan (*bug*), penyempurnaan fitur, pembaruan data rute dan kondisi lalu lintas, serta peningkatan keamanan sistem sesuai kebutuhan pengguna. Tahap ini bertujuan memastikan sistem *Smart Mobility* tetap mampu memberikan informasi yang akurat, stabil, dan sesuai dengan perkembangan kondisi transportasi di Kota Batam.

Pada antarmuka pengguna, meliputi halaman login, dashboard, pencarian rute,

dan informasi kemacetan. Hasil pengujian digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian fungsi, navigasi, dan tampilan sistem sehingga prototype dapat merepresentasikan kebutuhan pengguna dengan baik.

Penerapan Sistem (Deployment)

Tahap penerapan dilakukan dengan menempatkan prototype pada lingkungan pengembangan agar dapat diakses melalui browser untuk keperluan demonstrasi dan evaluasi. Pada penelitian ini, deployment tidak dilakukan pada server produksi, melainkan menggunakan *localhost* sebagai media untuk memastikan setiap halaman prototype, seperti login, dashboard, pencarian rute, dan informasi kemacetan, dapat ditampilkan serta diakses sesuai dengan hasil perancangan.

Pemeliharaan (Maintenance)

Tahap pemeliharaan merupakan tahap akhir dalam metode SDLC yang bertujuan untuk menjaga kualitas sistem setelah proses pengembangan selesai. Pada penelitian ini, karena sistem masih berupa prototype, pemeliharaan difokuskan pada rencana pembaruan data jalan, data kemacetan, penyempurnaan antarmuka (*frontend*), serta perbaikan apabila ditemukan kesalahan selama proses evaluasi. Tahap ini menjadi acuan untuk pengembangan sistem yang lebih lengkap di masa mendatang agar tetap sesuai dengan kebutuhan pengguna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang Digunakan

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber resmi yang berkaitan dengan kondisi transportasi di Kota Batam. Data tersebut meliputi informasi jaringan jalan, titik kemacetan, alternatif rute perjalanan, estimasi waktu tempuh, serta kondisi lalu lintas pada beberapa ruas jalan utama. Seluruh data dikumpulkan, dianalisis, dan disusun sesuai kebutuhan sistem sebagai dasar dalam proses *Requirement Analysis*,

System Design, hingga pengembangan *prototype* Smart Mobility. Data tersebut diharapkan mampu mendukung proses perancangan sistem yang sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Deskripsi Data

Data penelitian berupa data sekunder yang berkaitan dengan sistem transportasi di Kota Batam. Data yang digunakan meliputi nama ruas jalan, titik kemacetan, lokasi asal dan tujuan perjalanan, estimasi waktu tempuh, tingkat kepadatan lalu lintas, serta informasi pendukung lainnya yang digunakan sebagai dasar dalam perancangan sistem *Smart Mobility*. Seluruh data kemudian diolah dan disesuaikan dengan kebutuhan pengembangan *prototype*.

Sumber Data Penelitian

Sumber data penelitian diperoleh dari berbagai instansi terkait serta sumber informasi resmi yang menyediakan data transportasi di Kota Batam. Selain itu, penelitian juga memanfaatkan layanan peta digital sebagai media visualisasi lokasi, rute perjalanan, dan titik kemacetan pada sistem yang dikembangkan. Seluruh data tersebut digunakan sebagai acuan dalam proses analisis kebutuhan, perancangan sistem, dan implementasi *prototype*.

Analisis Data Penelitian

Data yang telah diperoleh dianalisis berdasarkan kebutuhan sistem, kemudian dikelompokkan ke dalam beberapa kategori, seperti data rute perjalanan, titik kemacetan, kondisi lalu lintas, dan estimasi waktu tempuh. Hasil analisis tersebut menjadi dasar dalam penyusunan struktur basis data, perancangan fitur sistem, serta penyajian informasi pada aplikasi *Smart Mobility* sehingga informasi yang disampaikan lebih terstruktur dan mudah dipahami oleh pengguna.

Hasil Requirement Analysis

Tahap *Requirement Analysis* dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem berdasarkan hasil analisis data yang telah dikumpulkan. Hasil analisis menghasilkan kebutuhan fungsional dan kebutuhan nonfungsional yang menjadi dasar dalam pengembangan sistem *Smart Mobility*. Seluruh kebutuhan tersebut digunakan sebagai acuan dalam perancangan arsitektur sistem, basis data, serta pengembangan *prototype* yang mampu menyajikan informasi rute dan kondisi lalu lintas di Kota Batam.

Analisis Kebutuhan Fungsional

Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem dirancang untuk memenuhi kebutuhan administrator dan pengguna. Administrator memiliki hak akses untuk mengelola data rute, data titik kemacetan, kondisi lalu lintas, serta informasi yang ditampilkan pada sistem. Sementara itu, pengguna dapat melihat informasi kondisi lalu lintas, mencari rute perjalanan, memperoleh rekomendasi jalur alternatif, serta mengetahui estimasi waktu tempuh berdasarkan data yang tersedia.

Analisis Kebutuhan Nonfungsional

Selain memenuhi kebutuhan fungsional, sistem juga dirancang agar memenuhi kebutuhan nonfungsional yang meliputi kemudahan penggunaan (*usability*), keamanan (*security*), kinerja sistem (*performance*), kompatibilitas (*compatibility*), serta kemudahan pemeliharaan (*maintainability*). Kebutuhan tersebut menjadi dasar dalam pemilihan teknologi pengembangan sehingga sistem mampu memberikan layanan yang stabil, responsif, dan mudah diakses oleh pengguna.

System Design

Tahap *System Design* merupakan proses penyusunan rancangan sistem berdasarkan hasil analisis kebutuhan yang telah dilakukan sebelumnya. Perancangan meliputi arsitektur sistem, *Use Case Diagram*, *Activity Diagram*, *Sequence Diagram*, perancangan basis data, serta rancangan antarmuka pengguna (*User*

Interface). Seluruh rancangan tersebut digunakan sebagai pedoman dalam proses implementasi *prototype* *Smart Mobility*.

Desain Input

Desain *input* merupakan rancangan antarmuka yang digunakan administrator untuk mengelola data pada sistem *Smart Mobility*. Rancangan ini meliputi halaman login administrator, halaman pengelolaan data rute, serta halaman pengelolaan titik kemacetan sebagai acuan sebelum proses implementasi *prototype* dilakukan.



Gambar 3.1 Halaman Login



Gambar 3.2 Halaman Kelola Data Rute

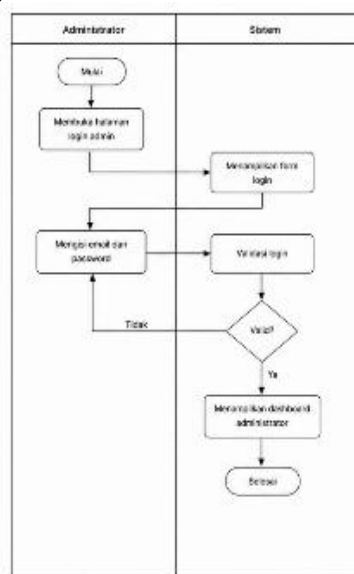


Gambar 3.3 Halaman Kelola Titik Kemacetan

Desain Proses

Desain proses menggambarkan alur kerja utama pada sistem *Smart Mobility*:

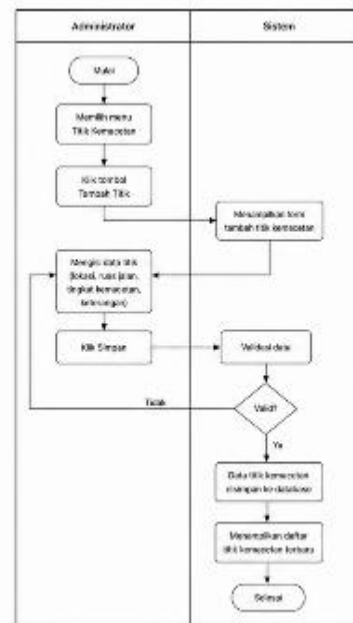
Rute dan Kemacetan Lalu Lintas Batam, yang meliputi proses autentikasi administrator, pengelolaan data rute, serta pengelolaan data titik kemacetan. Rancangan proses ini disusun untuk memberikan gambaran mengenai interaksi antara administrator dan sistem dalam mengelola data yang digunakan sebagai informasi bagi pengguna. Setiap proses dirancang secara sistematis agar seluruh fungsi sistem dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah diidentifikasi pada tahap *Requirement Analysis*.



Gambar 3.4 Proses Login Admin



Gambar 3.5 Proses Pengisian Fasilitas (rute)



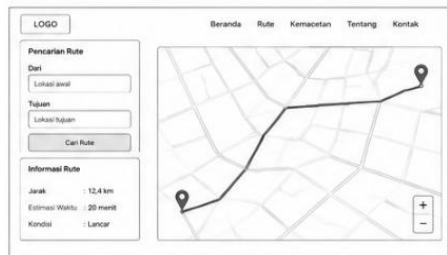
Gambar 3.6 Proses Pengelola Data Kemacetan

Desain Output

Desain *output* merupakan rancangan awal tampilan informasi yang disajikan kepada pengguna pada sistem *Smart Mobility: Rute dan Kemacetan Lalu Lintas Batam*. Rancangan ini meliputi halaman beranda, informasi kondisi lalu lintas, hasil pencarian rute, rekomendasi jalur alternatif, serta estimasi waktu tempuh. Desain tersebut disusun agar informasi dapat ditampilkan secara terstruktur, mudah dipahami, dan memberikan kemudahan bagi pengguna dalam memperoleh informasi perjalanan sebelum proses implementasi *prototype* dilakukan.



Gambar 3.7 Halaman Beranda



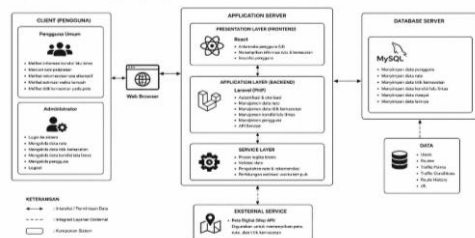
Gambar 3.8 Halaman Rute



Gambar 3.9 Halaman Kemacetan

Arsitektur Sistem

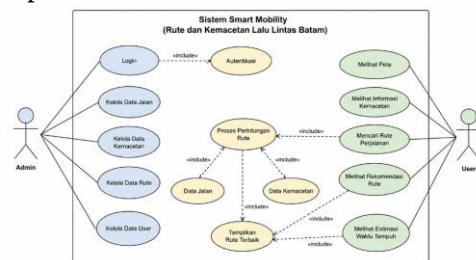
Hasil perancangan arsitektur sistem menggambarkan hubungan antara pengguna, administrator, aplikasi Smart Mobility, layanan peta digital, serta basis data dalam mendukung penyediaan informasi rute dan kondisi lalu lintas di Kota Batam. Pengguna mengakses sistem melalui web browser untuk memperoleh informasi rute, titik kemacetan, dan estimasi waktu tempuh, sedangkan administrator bertanggung jawab mengelola data rute, data kemacetan, serta informasi pendukung melalui halaman administrasi. Seluruh permintaan diproses oleh aplikasi yang dibangun menggunakan Laravel sebagai backend dan React sebagai frontend, kemudian data disimpan pada basis data MySQL. Arsitektur ini dirancang untuk mendukung pengelolaan data secara terpusat, mempercepat proses penyampaian informasi kepada pengguna, serta memudahkan pengembangan sistem pada tahap selanjutnya.



Gambar 3.10 Arsitektur Sistem

Use Case Diagram

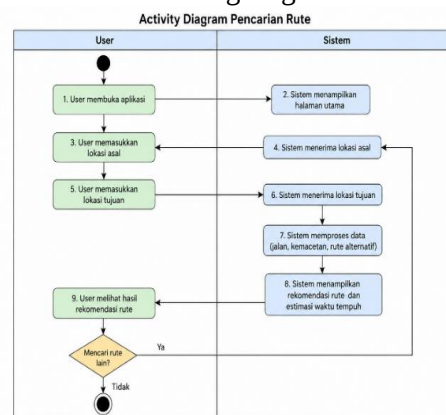
Use Case Diagram digunakan untuk menggambarkan interaksi antara aktor dengan sistem serta fungsi-fungsi yang dapat dijalankan sesuai hak akses masing-masing. Pada prototype Smart Mobility, admin memiliki hak untuk mengelola data jalan, data kemacetan, dan data rute, sedangkan pengguna umum dapat mencari rute, melihat informasi kemacetan, dan memperoleh rekomendasi perjalanan. Diagram ini memberikan gambaran umum mengenai fungsi utama sistem sebagai acuan pada tahap implementasi.



Gambar 3.11 Use Case Diagram

Activity Diagram Pencarian Rute

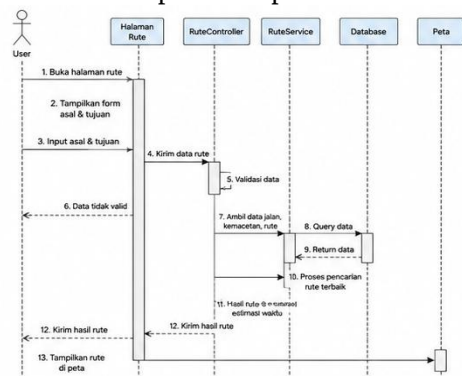
Activity Diagram digunakan untuk menggambarkan alur proses pencarian rute pada prototype Smart Mobility. Proses dimulai ketika pengguna login, kemudian memasukkan lokasi asal dan tujuan. Selanjutnya sistem memproses data jalan, data kemacetan, dan rute yang tersedia untuk menghasilkan rekomendasi perjalanan beserta estimasi waktu tempuh yang ditampilkan pada peta. Diagram ini memberikan gambaran mengenai urutan aktivitas yang terjadi selama proses pencarian rute berlangsung.



Gambar 3.12 Activity Diagram

Sequence Diagram Pencarian Rute

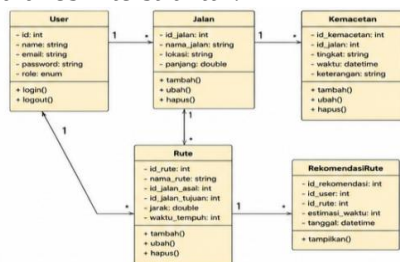
Sequence Diagram digunakan untuk menggambarkan urutan interaksi antara pengguna dengan sistem selama proses pencarian rute berlangsung. Proses dimulai ketika pengguna memasukkan lokasi asal dan tujuan, kemudian sistem melakukan validasi data, memproses informasi jalan, kemacetan, dan rute yang tersedia, lalu menghasilkan rekomendasi perjalanan beserta estimasi waktu tempuh. Diagram ini memberikan gambaran mengenai komunikasi antar komponen sistem secara berurutan sehingga memudahkan proses implementasi.



Gambar 3.13 Sequence Diagram

Class Diagram

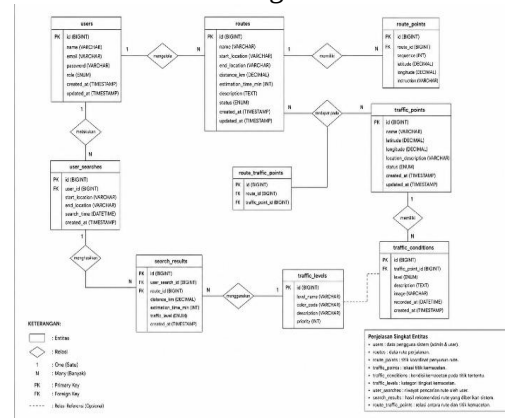
Class Diagram digunakan untuk menggambarkan struktur kelas, atribut, serta hubungan antar kelas pada prototype Smart Mobility. Diagram ini terdiri atas kelas utama, yaitu User, Jalan, Kemacetan, Rute, dan RekomendasiRute yang saling berhubungan dalam mendukung proses pencarian rute dan penyajian informasi lalu lintas. Class Diagram menjadi acuan dalam perancangan struktur data dan implementasi sistem sehingga pengembangan aplikasi dapat dilakukan secara lebih terstruktur.



Gambar 3.14 Class Diagram

Entity Relationship Diagram (ERD)

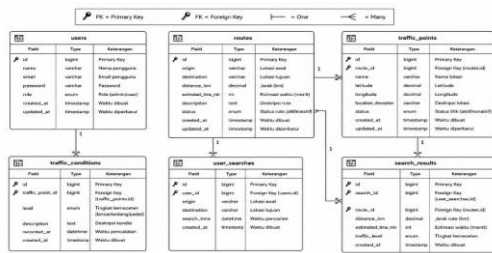
Entity Relationship Diagram (ERD) merupakan hasil perancangan basis data yang menggambarkan hubungan antar entitas pada sistem *Smart Mobility: Rute dan Kemacetan Lalu Lintas Batam*. ERD terdiri atas beberapa entitas utama, seperti users, routes, traffic_points, traffic_conditions, dan user_searches yang saling berhubungan untuk mendukung proses penyimpanan, pengelolaan, dan penyajian informasi rute serta kondisi lalu lintas. Rancangan ini menjadi dasar dalam pembangunan basis data agar sistem dapat berjalan secara terstruktur dan terintegrasi.



Gambar 3.15 ERD

Struktur Basis Data

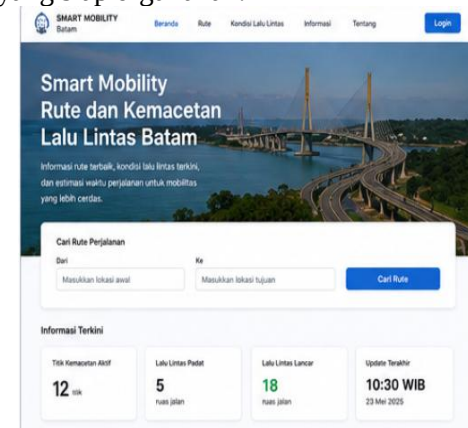
Hasil perancangan struktur basis data merupakan implementasi dari *Entity Relationship Diagram (ERD)* yang digunakan untuk mendukung proses penyimpanan, pengelolaan, dan pengambilan data pada sistem *Smart Mobility: Rute dan Kemacetan Lalu Lintas Batam*. Struktur basis data terdiri atas beberapa tabel utama, yaitu users, routes, traffic_points, traffic_conditions, dan user_searches yang saling berhubungan untuk memenuhi kebutuhan sistem. Berdasarkan hasil perancangan, struktur basis data tersebut mampu mengelola data rute dan kondisi lalu lintas secara terstruktur, mengurangi redundansi data, serta memudahkan proses pengembangan sistem pada tahap selanjutnya.



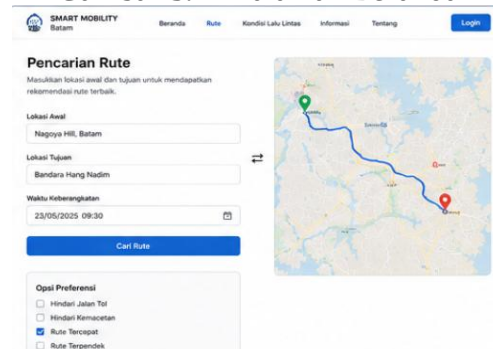
Gambar 3.16 Struktur Basis Data

Prototype User Interface

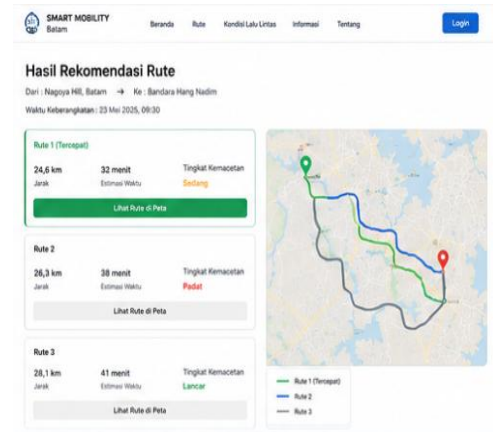
Hasil *Prototype User Interface* merupakan representasi visual sistem Smart Mobility: Rute dan Kemacetan Lalu Lintas Batam yang dirancang berdasarkan kebutuhan sistem. *Prototype* ini meliputi halaman beranda, pencarian rute, informasi kondisi lalu lintas, rekomendasi rute, login administrator, dashboard administrator, kelola data rute, kelola titik kemacetan, serta pengelolaan data pengguna. Rancangan antarmuka tersebut menjadi acuan dalam proses implementasi sekaligus memberikan gambaran mengenai interaksi antara pengguna dan administrator sebelum sistem dikembangkan menjadi aplikasi yang siap digunakan.



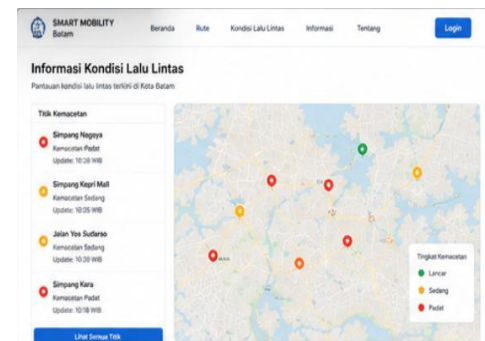
Gambar 3.17 Halaman Beranda



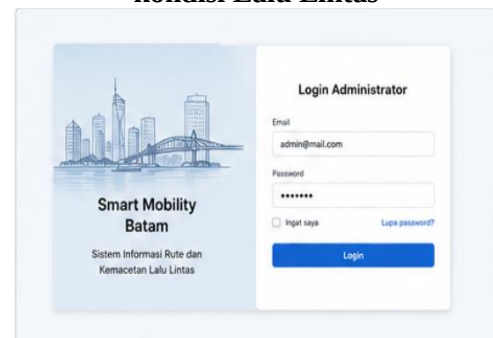
Gambar 3.18 Halaman Pencarian Rute



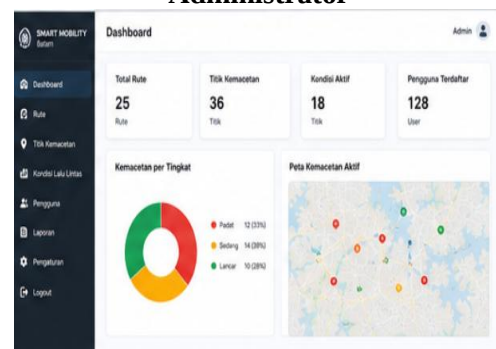
Gambar 3.19 Halaman Hasil Rekomendasi Rute



Gambar 3.20 Halaman Informasi kondisi Lalu Lintas



Gambar 3.21 Halaman Login Administrator



Gambar 3.22 Halaman Dashboard Administrator



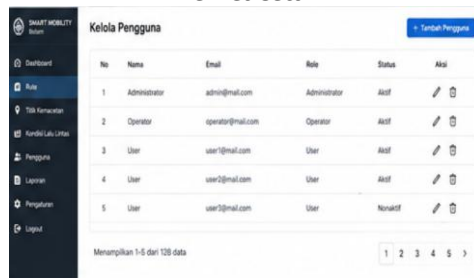
No	Nama Rute	Asal	Tujuan	Jarak (km)	Estimasi (menit)	Aksi
1	Nagoya - Bandara	Nagoya Hib	Bandara Hang Nadim	34,6	32	
2	Batam Center - Sekupang	Batam Center	Sekupang	18,2	28	
3	Batam Center - Nongsa	Batam Center	Nongsa	21,7	30	
4	Nagoya - Batu Ampar	Nagoya Hib	Batu Ampar	18,5	25	
5	Batu Aji - Tanjung Ujung	Batu Aji	Tanjung Ujung	15,8	34	

Gambar 3.23 Halaman Kelola Data Rute



No	Nama Lokasi	Rute	Tingkat Kemacetan	Status	Aksi
1	Simpang Nagoya	Nagoya - Bandara	Padat	Aktif	
2	Simpang Koper Mall	Batam Center - Sekupang	Sedang	Aktif	
3	Jalan Yos Sudarso	Batam Center - Nongsa	Sedang	Aktif	
4	Simpang Kara	Nagoya - Batu Ampar	Padat	Aktif	
5	Simpang Perbil	Batam Center - Nongsa	Lancar	Aktif	

Gambar 3.24 Halaman Kelola Titik Kemeacetan



No	Nama	Email	Role	Status	Aksi
1	Administrator	admin@mail.com	Administrator	Aktif	
2	Operator	operator@mail.com	Operator	Aktif	
3	User	user1@mail.com	User	Aktif	
4	User	user2@mail.com	User	Aktif	
5	User	user3@mail.com	User	Nonaktif	

Gambar 3.25 Halaman Kelola Pengguna

Implementation

Tahap *Implementation* merupakan proses penerapan hasil *Requirement Analysis* dan *System Design* ke dalam

bentuk *prototype* sistem Smart Mobility: Rute dan Kemacetan Lalu Lintas Batam berbasis web menggunakan framework Laravel sebagai *backend*, React sebagai *frontend*, serta MySQL sebagai basis data. Hasil implementasi menghasilkan *prototype* yang mencakup halaman pengguna dan administrator, seperti pencarian rute, informasi kondisi lalu lintas, rekomendasi rute, serta pengelolaan data rute dan titik kemacetan. Integrasi seluruh komponen tersebut mendukung penyajian informasi lalu lintas secara terstruktur, interaktif, dan mudah dikelola sebagai dasar untuk tahap pengujian sistem.

Testing

Tahap *Testing* dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fungsi pada *prototype* sistem Smart Mobility: Rute dan Kemacetan Lalu Lintas Batam berjalan sesuai dengan kebutuhan sistem menggunakan metode *Black Box Testing*. Pengujian dilakukan terhadap fitur utama, seperti login administrator, pencarian rute, penyajian informasi kondisi lalu lintas, rekomendasi rute, serta pengelolaan data rute dan titik kemacetan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan, sehingga *prototype* dinyatakan layak untuk memasuki tahap *Deployment*.

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Black Box

No	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Status
1	Login Administrator	Memasukkan email dan password yang valid	Administrator berhasil masuk ke dashboard	Berhasil
2	Login Administrator	Memasukkan email atau password yang salah	Sistem menampilkan pesan kesalahan	Berhasil
3	Pencarian Rute	Memasukkan lokasi asal dan tujuan	Sistem menampilkan rute yang sesuai	Berhasil
4	Informasi Kondisi Lalu Lintas	Memilih salah satu ruas jalan	Sistem menampilkan informasi kondisi lalu lintas	Berhasil
5	Rekomendasi Rute	Memilih lokasi tujuan	Sistem menampilkan rekomendasi rute alternatif	Berhasil
6	Estimasi Waktu Tempuh	Memilih salah satu rute	Sistem menampilkan estimasi waktu	Berhasil

			perjalanan	
7	Kelola Data Rute	Administrator menambahkan data rute baru	Data rute berhasil disimpan	Berhasil
8	Edit Data Rute	Administrator mengubah data rute	Data rute berhasil diperbarui	Berhasil
9	Hapus Data Rute	Administrator menghapus data rute	Data rute berhasil dihapus dari sistem	Berhasil
10	Kelola Titik Kemacetan	Administrator menambahkan data titik kemacetan	Data titik kemacetan berhasil disimpan	Berhasil
11	Edit Titik Kemacetan	Administrator mengubah data titik kemacetan	Data titik kemacetan berhasil diperbarui	Berhasil
12	Hapus Titik Kemacetan	Administrator menghapus data titik kemacetan	Data titik kemacetan berhasil dihapus dari sistem	Berhasil

Penerapan (Deployment)

Tahap deployment dilakukan dengan menjalankan prototype pada lingkungan pengembangan (*development environment*) menggunakan server lokal sehingga dapat diakses melalui browser untuk keperluan demonstrasi dan evaluasi. Prototype dibangun menggunakan Laravel sebagai *backend* dan React sebagai *frontend*, sehingga seluruh halaman, seperti login, dashboard, pencarian rute, dan informasi kemacetan, dapat ditampilkan sesuai dengan hasil perancangan sebelum dikembangkan menjadi aplikasi yang siap digunakan

Pemeliharaan (Maintenance)

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, tahap *Maintenance* belum diterapkan secara langsung karena sistem yang dikembangkan masih berupa *prototype*. Namun, apabila sistem dikembangkan menjadi aplikasi yang siap digunakan, pemeliharaan dapat dilakukan melalui pembaruan data rute, kondisi lalu lintas, dan titik kemacetan agar informasi yang disajikan tetap akurat serta sesuai dengan kondisi di lapangan.

Selain pembaruan data, proses *maintenance* juga dapat dilakukan dengan memperbaiki kesalahan (*bug*), meningkatkan keamanan sistem, mengoptimalkan performa aplikasi, serta menyesuaikan fitur dengan kebutuhan pengguna dan perkembangan teknologi. Dengan adanya proses pemeliharaan

tersebut, sistem *Smart Mobility: Rute dan Kemacetan Lalu Lintas Batam* diharapkan dapat beroperasi secara optimal, stabil, dan mampu memberikan informasi yang lebih efektif kepada pengguna.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, telah berhasil dirancang sebuah *prototype* sistem *Smart Mobility: Rute dan Kemacetan Lalu Lintas Batam* yang mampu menyediakan informasi rute, kondisi lalu lintas, rekomendasi jalur alternatif, serta estimasi waktu tempuh bagi pengguna. Proses perancangan dilakukan menggunakan metode Waterfall yang meliputi tahap *Requirement Analysis*, *System Design*, *Implementation*, *Testing*, *Deployment*, dan *Maintenance*. Hasil pengujian menggunakan metode *Black Box Testing* menunjukkan bahwa seluruh fitur utama, seperti login administrator, pencarian rute, pengelolaan data rute, pengelolaan titik kemacetan, dan penyajian informasi lalu lintas telah berjalan sesuai dengan kebutuhan sistem.

Sistem yang dirancang memiliki kelebihan, yaitu mampu menyajikan informasi mobilitas secara terintegrasi melalui antarmuka yang sederhana dan mudah digunakan, serta memudahkan administrator dalam mengelola data rute dan kondisi lalu lintas. Namun, penelitian

ini masih memiliki keterbatasan karena sistem yang dikembangkan masih berupa *prototype* dan belum memanfaatkan data lalu lintas secara *real-time*. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem dengan mengintegrasikan data *real-time* dari layanan peta digital atau sensor lalu lintas, menambahkan fitur navigasi yang lebih interaktif, serta mengembangkan aplikasi pada platform mobile agar dapat memberikan informasi yang lebih akurat, responsif, dan mudah diakses oleh masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abirami, S., Pethuraj, M., Uthayakumar, M., & Chitra, P. (2024). A systematic survey on big data and artificial intelligence algorithms for intelligent transportation system. *Case Studies on Transport Policy*, 17, 101247. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cstp.2024.101247>
- Ahmed, S. F., Kuldeep, S. A., Rafa, S. J., Fazal, J., Hoque, M., Liu, G., & Gandomi, A. H. (2024). Enhancement of traffic forecasting through graph neural network-based information fusion techniques. *Information Fusion*, 110, 102466. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.inffus.2024.102466>
- Alam, T., Gupta, R., Nasurudeen Ahamed, N., Ullah, A., & Almaghthwi, A. (2024). Smart mobility adoption in sustainable smart cities to establish a growing ecosystem: Challenges and opportunities. *MRS Energy & Sustainability*, 11(2), 304–316. <https://doi.org/10.1557/s43581-024-00092-4>
- Alkatiri, Z., De Archellie, R., & Nazaruddin, N. (2026). Producing the neoliberal city: spatial fragmentation and the politics of space in Batam, Indonesia. *Frontiers in Sociology*, Volume 11. <https://www.frontiersin.org/journals/sociology/articles/10.3389/fsoc.2026.1788028>
- Anitha Selvasofia, S. D., SivaSankari, B., Dinesh, R., & Muthukumaran, N. (2025). GINSER: Geographic Information System Based Optimal Route Recommendation via Optimized Faster R-CNN. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 18(1), 75. <https://doi.org/10.1007/s44196-025-00805-8>
- Biancuzzi, H., Massaro, M., & Bagnoli, C. (2024). Smart mobility in Venice: An ecosystem perspective. *Journal of Cleaner Production*, 434, 140096. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140096>
- Brito, M., Santos, C., Martins, B. S., Medeiros, I., Seruffo, M., Cerqueira, E., & Rosário, D. (2024). Context-aware multi-modal route selection service for urban computing scenarios. *Ad Hoc Networks*, 161, 103525. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2024.103525>
- Burger, K. (2025). Towards equitable, smart, and sustainable urban mobility: Governance archetypes and their relations. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 145, 104797. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2025.104797>
- Chatziioannou, I., Nikitas, A., Tzouras, P. G., Bakogiannis, E., Alvarez-Icaza, L., Chias-Becerril, L., Karolemeas, C., Tsigdinos, S., Wallgren, P., & Rexfelt, O. (2023). Ranking sustainable urban mobility indicators and their matching transport policies to support liveable city Futures: A MICMAC approach. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 18, 100788. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100788>
- Jalil, K., Xia, Y., Chen, Q., Zahid, M. N., Manzoor, T., & Zhao, J. (2024). Integrative review of data sciences for

- driving smart mobility in intelligent transportation systems. *Computers and Electrical Engineering*, 119, 109624.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2024.109624>
- Lättman, K., & Otsuka, N. (2024). Sustainable Development of Urban Mobility through Active Travel and Public Transport. In *Sustainability* (Vol. 16, Number 2, p. 534).
<https://doi.org/10.3390/su16020534>
- Nguyen, H., Nawara, D., & Kashef, R. (2024). Connecting the indispensable roles of IoT and artificial intelligence in smart cities: A survey. *Journal of Information and Intelligence*, 2(3), 261–285.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jiixd.2024.01.003>
- Sugito, E., Mohamad, D., Roosli, R., & Safitri, K. N. (2026). Accessibility of public transport for older adults in Batam city, Indonesia. *Discover Cities*, 3(1), 73.
<https://doi.org/10.1007/s44327-026-00254-8>
- Waqar, A., Alshehri, A. H., Alanazi, F., Alotaibi, S., & Almujiabah, H. R. (2023). Evaluation of challenges to the adoption of intelligent transportation system for urban smart mobility. *Research in Transportation Business & Management*, 51, 101060.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2023.101060>
- Wu, X., Zhang, Z., & Wan, W. (2024). Travel route recommendation with a trajectory learning model. *Complex & Intelligent Systems*, 11(1), 12.
<https://doi.org/10.1007/s40747-024-01611-z>
- Yan, Y., Cui, S., Liu, J., Zhao, Y., Zhou, B., & Kuo, Y.-H. (2025). Multimodal fusion for large-scale traffic prediction with heterogeneous retentive networks. *Information Fusion*, 114, 102695.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.inffus.2024.102695>
- Zhang, S., Luo, Z., Yang, L., Teng, F., & Li, T. (2024). A survey of route recommendations: Methods, applications, and opportunities. *Information Fusion*, 108, 102413.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.inffus.2024.102413>