



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 2 (2026) pp: 11600-11608

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Analisis dan Perancangan Sistem Informasi Geografis Berbasis Web untuk Integrasi dan Visualisasi Data Spasial pada Bappeda Kota Surabaya

Paulus Calep Sandria Saputra, Nony Yonindah, Nathanael Kristian Sujarwo, Mochammad Wahyu Aditya, Retno Mumpuni

Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya, Indonesia

*23081010275@student.upnjatim.ac.id, 23081010055@student.upnjatim.ac.id, 23081010271@student.upnjatim.ac.id, 23081010126@student.upnjatim.ac.id, retnomumpuni.if@upnjatim.ac.id

Abstrak

Sesuai Peraturan Walikota Surabaya Nomor 88 Tahun 2021, Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kota Surabaya mengemban tugas strategis menyusun dokumen perencanaan pembangunan dan menyediakan informasi kebijakan. Namun, data spasial sektoral penting seperti persebaran fasilitas pendidikan, pengelolaan persampahan, dan infrastruktur perhubungan masih tersebar dan dikelola terpisah oleh Dinas Pendidikan, Dinas Lingkungan Hidup, serta Dinas Perhubungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan arsitektur front-end dan visualisasi data spasial berbasis Web-based Geographic Information System (WebGIS) menggunakan Leaflet.js pada platform terpadu bernama SIDAPETA (Sistem Informasi Data Peta) Surabaya. Platform ini dikembangkan secara kolaboratif menggunakan Laravel di sisi backend, serta Leaflet.js, Turf.js, dan ApexCharts di sisi frontend. Sistem ini mengintegrasikan 26 layer data spasial yang dikelompokkan ke dalam 7 kategori, yaitu Batas Wilayah, Infrastruktur Perkotaan, Pendidikan, Persampahan & Lingkungan, Fasilitas Umum, Demografi Kependudukan, serta Pompa & Saluran Air, dan diakses secara on-demand (lazy-loading). Untuk mengatasi isu performa pada browser, diterapkan sistem caching frontend (geoJsonStore) yang berhasil memangkas waktu muat ulang memori hingga 95,38%. Platform ini juga mengintegrasikan komputasi spasial tingkat lanjut di sisi klien (client-side) berbasis Turf.js, meliputi cartographic masking, choropleth map, heatmap kelurahan, dan algoritma K-Means Clustering untuk rekomendasi lokasi fasilitas publik baru dengan penempelan (snapping) ke jaringan jalan. Pengujian unit, lintas peramban (Chrome, Firefox, Edge, Safari), dan User Acceptance Testing (UAT) bersama Bappeda Kota Surabaya menunjukkan status lulus (PASS). WebGIS SIDAPETA telah dideploy ke server produksi Bappeda sebagai instrumen pendukung keputusan perencanaan pembangunan kota berbasis data spasial yang transparan, interaktif.

Kata kunci: WebGIS, Leaflet.js, Sistem Informasi Spasial, Turf.js, Bappeda Surabaya.

1. Latar Belakang

Sektor pemerintahan daerah saat ini tengah mengalami transformasi digital yang masif guna mengoptimalkan efektivitas perencanaan wilayah, akurasi pengambilan keputusan taktis, serta penyediaan pelayanan publik yang transparan. Berdasarkan Peraturan Walikota Surabaya Nomor 88 Tahun 2021, Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kota Surabaya mengemban tugas strategis untuk menyusun dokumen perencanaan pembangunan kota dan menyediakan informasi pendukung kebijakan pemerintah kota, termasuk visualisasi peta wilayah. Untuk menjalankan fungsi analisis spasial yang akurat dan berkelanjutan, Bappeda memerlukan akses terpadu terhadap data spasial sektoral seperti persebaran infrastruktur perkotaan, fasilitas pendidikan, pengelolaan persampahan, dan data kependudukan. Namun demikian, data spasial tersebut selama ini masih dikelola secara terpisah oleh masing-masing dinas terkait, seperti Dinas Pendidikan, Dinas Lingkungan Hidup, dan Dinas Perhubungan. Fragmentasi data ini menyulitkan proses analisis spasial lintas sektoral yang dibutuhkan dalam pengambilan keputusan perencanaan wilayah secara cepat dan terpadu [1], [2].

Guna mengatasi kendala integrasi data tersebut, teknologi Web-based Geographic Information System (WebGIS) hadir sebagai solusi tepat yang memungkinkan visualisasi, analisis, dan pengelolaan data spasial secara real-time lintas divisi melalui antarmuka peramban (browser) tanpa memerlukan instalasi perangkat lunak GIS desktop khusus [1]. Pemanfaatan WebGIS berbasis open-source juga memangkas biaya lisensi perangkat lunak GIS proprietary yang mahal dan menyederhanakan aksesibilitas bagi staf non-teknis di lingkungan pemerintahan. Atas

dasar kebutuhan fungsional tersebut, dikembangkan platform WebGIS terintegrasi bernama SIDAPETA Surabaya (Sistem Informasi Data Peta) sebagai platform tunggal yang menyatukan 26 layer data spasial ke dalam 7 kategori utama, yaitu Batas Wilayah, Infrastruktur Perkotaan, Pendidikan, Persampahan & Lingkungan, Fasilitas Umum, Demografi Kependudukan, serta Pompa & Saluran Air di wilayah Kota Surabaya.

Pengembangan sistem WebGIS di lingkungan pemerintahan menghadapi tantangan besar terkait performa rendering peta dan transfer data [3]. Data spasial berformat Shapefile (.shp) dari berbagai instansi sektoral sering kali berukuran sangat besar dan memiliki struktur geometri yang kompleks [4]. Jika seluruh data ini dimuat secara bersamaan pada browser pengguna, hal ini akan menyebabkan kemacetan memori (main-thread lock) dan waktu muat awal (initial load time) yang sangat lama. Oleh karena itu, diperlukan arsitektur front-end yang efisien, responsif, dan didukung oleh manajemen penyimpanan cache lokal pada sisi client [5].

Leaflet.js dipilih sebagai pustaka utama rendering peta karena karakteristiknya yang ringan, modular, ramah perangkat seluler (mobile-friendly), serta didukung ekosistem plugin yang luas [6]. Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan efektivitas penggunaan Leaflet.js dalam memetakan informasi spasial daerah, seperti pemetaan data spasial daerah [7], [8]. Guna mendukung fungsionalitas analisis geospasial tingkat lanjut langsung pada browser pengguna tanpa membebani server, sistem ini mengintegrasikan Turf.js, sebuah pustaka komputasi spasial berbasis JavaScript [9]. Pemanfaatan Turf.js memungkinkan eksekusi perhitungan geometris yang kompleks, seperti penolakan area kosong (blank spot) menggunakan metode Multi-Criteria Evaluation (MCE) dan visualisasi densitas sebaran data melalui peta choropleth intensitas kelurahan secara asinkronus langsung di sisi klien (client-side) [10].

Selain visualisasi spasial, pengambilan keputusan tata ruang yang efektif juga membutuhkan dukungan visualisasi data non-spasial (data tabular/statistik) secara komplementer [11]. Oleh sebab itu, WebGIS SIDAPETA dilengkapi dengan dashboard statistik sektoral terintegrasi yang menyajikan grafik analisis dinamis berbasis ApexCharts [9]. Melalui pendekatan ini, pengguna dapat memantau korelasi antara data spasial di peta dengan tren perkembangan sektoral (seperti volume sampah harian, luas ruang terbuka hijau, baku mutu lingkungan, dan inventarisasi sarpras perkotaan) dalam satu antarmuka terpadu [12].

Secara keseluruhan, pengembangan sistem WebGIS SIDAPETA Surabaya ini dijalankan menggunakan framework Laravel MVC di sisi backend dan Leaflet.js beserta pustaka pendukung di sisi frontend dengan pendekatan User Centered Design (UCD) [13]. Implementasi sistem ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam mewujudkan instrumen visualisasi data pembangunan Kota Surabaya yang transparan, interaktif, berkinerja tinggi, serta mudah dikelola dalam jangka panjang oleh staf Bidang Infrastruktur dan Prasarana Wilayah (IPW) Bappeda Kota Surabaya [14].

2. Metode Penelitian

2.1 Tahapan Penelitian

Metodologi penelitian dan pengembangan sistem WebGIS SIDAPETA Surabaya dilakukan melalui lima tahapan utama yang terstruktur guna menjamin kualitas perangkat lunak yang dihasilkan. Tahapan tersebut digambarkan sebagai berikut:

1. *Analisis Kebutuhan*: Tahap awal ini melibatkan diskusi intensif dengan pemangku kepentingan (*stakeholder*) di Bidang IPW Bappeda Kota Surabaya untuk memetakan kebutuhan fungsional (*15 use cases*) dan non-fungsional sistem (responsivitas, performa rendering, dan aspek keamanan) dengan mengacu pada prinsip rekayasa kegunaan (*usability engineering*) [8].
2. *Desain Sistem & Prototyping*: UI/UX Designer menyusun wireframe dan *high-fidelity* mockup menggunakan pendekatan *glassmorphism* berbasis palet warna biru tua dan hijau segar guna menciptakan kesan modern dan premium. *Backend Developer* merancang skema basis data relasional yang terdiri atas 31 tabel.
3. *Pengolahan Data Spasial*: Pengumpulan berkas spasial sektoral berformat *Shapefile (.shp)* dari berbagai dinas terkait. Berkas tersebut kemudian dikonversi menjadi format *GeoJSON* dengan sistem koordinat standar WGS 84 (EPSG:4326) dan divalidasi geometrinya [15].

4. *Implementasi Sistem (Coding)*:
Backend: Implementasi framework Laravel MVC, pembuatan RESTful API untuk penyediaan data GeoJSON, sistem autentikasi pengguna, dan validasi CAPTCHA dinamis.
Frontend: Pembuatan peta Leaflet.js modular, pengikatan (*binding*) properti GeoJSON ke tooltip/popup, integrasi visualisasi grafik *ApexCharts*, dan implementasi algoritma *Turf.js* untuk analisis spasial.
5. *Pengujian dan Deployment*: Pelaksanaan pengujian unit, uji performa rendering menggunakan *Chrome DevTools Network Panel*, *cross-browser testing*, dan *User Acceptance Testing (UAT)* bersama staf Bappeda, dilanjutkan dengan deployment sistem ke server produksi instansi.

Tabel 1. Daftar Use Case Sistem SIDAPETA

ID	Use Case	Deskripsi
UC01	Login	Autentikasi pengguna dengan verifikasi CAPTCHA
UC02	Lihat Beranda	Akses halaman utama setelah login
UC03	Lihat Peta WebGIS	Visualisasi peta interaktif multi-layer
UC04	Kelola Layer Kustom	CRUD layer GeoJSON kustom
UC05	Lihat Data Statistik	Akses dashboard statistik lingkungan
UC06	CRUD Data Sampah	Pengelolaan data persampahan
UC07	CRUD Kualitas Lingkungan	Pengelolaan data kualitas lingkungan
UC08	CRUD Sarana Prasarana	Pengelolaan data sarpras & armada
UC09	CRUD Data RTH	Pengelolaan data ruang terbuka hijau
UC10	Lihat Ringkasan	Akses halaman ringkasan data kota
UC11	Lihat RTH Surabaya	Akses dashboard RTH Surabaya
UC12	Logout	Mengakhiri sesi pengguna

2.2 Manajemen Layer Spasial dan Sistem Caching

Untuk menjamin WebGIS tetap responsif saat memuat 26 layer spasial sektoral, sistem mengimplementasikan metode pemuatan asinkronus secara on-demand (lazy-loading) via REST API `/api/geo-layer/{layerKey}`. Setiap kali pengguna mengaktifkan toggle layer pada sidebar peta, front-end akan memicu fungsi asinkronus untuk mengambil data GeoJSON. Guna menghindari pemanggilan API berulang yang memboroskan bandwidth, dikembangkan modul cache engine sederhana di sisi klien menggunakan objek global JavaScript bernama `geoJsonStore`.

Alur pemuatan layer dengan sistem caching ini dipetakan secara terstruktur: ketika sebuah layer diaktifkan, front-end terlebih dahulu memeriksa keberadaan objek data spasial tersebut di dalam `geoJsonStore`. Jika data sudah ada (cache hit), Leaflet.js akan langsung me-render objek spasial tersebut pada peta. Jika data belum tersedia (cache miss), sistem akan menampilkan animasi loading overlay, mengirimkan permintaan HTTP GET ke backend untuk mengambil data GeoJSON, menyimpannya ke dalam `geoJsonStore`, dan akhirnya me-render layer tersebut pada peta.

2.3 Komputasi Spasial Sisi Klien

Komputasi spasial tingkat lanjut di sisi klien memanfaatkan pustaka Turf.js untuk menghasilkan analisis data yang presisi secara geografis [2]. Terdapat empat fungsi komputasi spasial utama yang diimplementasikan:

1. Cartographic Masking: Teknik visual untuk membatasi fokus peta hanya pada wilayah administrasi Kota Surabaya. Proses dilakukan dengan menggabungkan poligon kecamatan menggunakan fungsi ``turf.union``, lalu menghitung selisih geometris (difference) terhadap poligon pembatas luar menggunakan ``turf.difference`` untuk menghasilkan masker semi-transparan yang menutupi wilayah di luar Surabaya.
2. Choropleth Map: Mengklasifikasikan wilayah kelurahan berdasarkan tingkat kepadatan penduduk. Penentuan warna gradasi poligon dilakukan secara dinamis pada sisi klien dengan menginjeksi properti density secara acak dalam rentang warna kepadatan penduduk dari merah muda ke merah tua.
3. Choropleth Kelurahan (Heatmap): Menghitung intensitas sebaran titik fasilitas umum terhadap poligon kelurahan secara iteratif. Algoritma ini berjalan dengan memproses setiap koordinat titik fasilitas menggunakan fungsi ``turf.booleanPointInPolygon`` terhadap batas kelurahan untuk menghasilkan nilai akumulasi frekuensi objek spasial di kelurahan tersebut.
4. Algoritma K-Means Clustering: Digunakan untuk memberikan rekomendasi lokasi penempatan fasilitas publik baru berdasarkan persebaran titik eksisting [13]. Algoritma ini memproses kumpulan koordinat titik dengan fungsi ``turf.clustersKmeans`` untuk membentuk sejumlah klaster spasial. Untuk setiap klaster yang dihasilkan, dihitung titik pusatnya (centroid) menggunakan ``turf.centroid`` dan batas terluarnya menggunakan ``turf.convex``. Tingkat prioritas atau kelayakan masing-masing klaster ditentukan menggunakan skor kelayakan terbobot (Feasibility Score) dengan formula matematika berikut:

$$\text{Feasibility Score} = 0,40(\text{Point Count}) + 0,30(\text{Proximity}) + 0,30(\text{Density Area Convex Hull})$$

Di mana *Point Count Score* (bobot kuantitas titik dalam klaster), *Average Proximity Distance Score* (bobot rata-rata jarak kedekatan antar titik), dan *Density Area Convex Hull Score* (bobot kerapatan luas area Convex Hull klaster). Klaster dengan skor tertinggi akan divisualisasikan dengan pin penanda berwarna emas, diikuti warna perak untuk prioritas kedua, dan perunggu untuk prioritas ketiga.

Titik rekomendasi teratas yang diperoleh kemudian ditempelkan (snapped) secara otomatis ke jaringan jalan terdekat menggunakan fungsi ``turf.nearestPointOnLine`` dari data Jaringan Jalan Raya jika diaktifkan. Lokasi rekomendasi terpilih divisualisasikan dengan penanda khusus prioritas utama (emas), prioritas kedua (perak), dan prioritas ketiga (perunggu) disertai garis spider web ke fasilitas terdekat di sekitarnya.iga.

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Implementasi Autentikasi dan Keamanan Sistem

Modul autentikasi pada sistem WebGIS SIDAPETA dibangun menggunakan Laravel Breeze yang dimodifikasi untuk memenuhi standar keamanan instansi pemerintah. Halaman login diimplementasikan dengan gaya desain glassmorphism transparan menggunakan CSS ``backdrop-filter: blur(10px)``. Dari segi keamanan backend, sistem dilindungi dari serangan otomatisasi (bot/spam) dengan menerapkan integrasi verifikasi kode CAPTCHA alfanumerik sepanjang 6 karakter.

Kode CAPTCHA tersebut digenerasikan secara dinamis oleh backend melalui PHP GD Library dengan menambahkan distorsi garis acak guna menyulitkan proses pembacaan oleh algoritma OCR (Optical Character Recognition). Front-end menyediakan tombol regenerasi kode CAPTCHA secara asinkronus menggunakan AJAX tanpa memicu pemuatan ulang halaman (reload). Untuk menahan serangan brute force, Laravel rate limiter dikonfigurasi untuk membatasi maksimal 5 kali percobaan login yang salah per alamat IP dalam rentang waktu 1 menit. Jika batasan terlampaui, sistem secara otomatis akan mengunci akun tersebut selama 5 menit.

3.2 Implementasi Peta Interaktif WebGis

Modul peta interaktif WebGIS SIDAPETA Surabaya diimplementasikan secara dinamis menggunakan Leaflet.js. Saat pertama kali diakses, viewport peta secara otomatis diinisialisasi pada titik koordinat pusat administratif Kota Surabaya di koordinat `[-7.2575, 112.7400]` dengan tingkat perbesaran (zoom level) sebesar 12. Peta ini menyediakan panel kontrol pemilihan basemap terintegrasi yang memungkinkan pengguna mengganti latar belakang peta secara instan di antara 5 pilihan penyedia, yaitu OpenStreetMap, Google Maps Road, Google Maps Satellite, Google Maps Hybrid, dan CartoDB Positron.

Bilah kontrol layer dirancang dalam bentuk menu lipat (collapsible sidebar) di sisi kiri peta untuk mengelola visualisasi 26 layer spasial. Ketika pengguna mengklik salah satu objek spasial di peta (misalnya poligon kecamatan atau titik pos pemadam kebakaran), peta akan menampilkan jendela informasi (popup) interaktif yang memuat informasi atribut lengkap dari database. Informasi koordinat pada popup tersebut diintegrasikan secara langsung dengan tombol navigasi eksternal yang terhubung ke layanan Google Maps Direction dan Google Street View untuk mempermudah staf Bappeda dalam melakukan validasi lapangan secara langsung.

3.3 Implementasi Analisis Spasial Turf.js

Penerapan komputasi spasial di sisi klien menggunakan Turf.js berhasil diintegrasikan dengan lancar pada antarmuka peta interaktif WebGIS SIDAPETA. Hasil visualisasi untuk masing-masing modul analisis spasial dipaparkan sebagai berikut:

- a. Cartographic Masking: Area di luar batas administratif Kota Surabaya ditutupi oleh poligon masker berwarna abu-abu semi-transparan dengan tingkat opasitas 0.8. Teknik ini terbukti efektif dalam membatasi fokus visual para perencana kota agar hanya berfokus pada analisis data di dalam batas wilayah kota Surabaya.
- b. Choropleth Kepadatan Penduduk: Poligon tingkat RW tergradasi secara dinamis menggunakan skala warna dari merah muda (kepadatan rendah) hingga merah tua (kepadatan tinggi) yang disimulasikan di client. Klasifikasi kelas data dihitung langsung di browser untuk memastikan pembagian kelas kepadatan penduduk terdistribusi secara merata.
- c. Choropleth Kelurahan (Heatmap): Visualisasi frekuensi sebaran titik fasilitas digambarkan dengan gradasi warna monokromatik dari merah muda hingga merah tua (`rgb(128,0,0)`). Fitur ini membantu perencana wilayah mengidentifikasi akumulasi objek spasial per kelurahan.
- d. Klasterisasi K-Means: Algoritma berhasil mengelompokkan ratusan titik fasilitas eksisting ke dalam beberapa zona klaster. Pada peta, klaster prioritas divisualisasikan dengan pin penanda lokasi berwarna emas, perak, dan perunggu yang dikelilingi oleh garis batas wilayah cakupan berupa poligon Convex Hull putus-putus. Informasi popup pada pin rekomendasi menampilkan nilai Feasibility Score hasil perhitungan rumus (1) untuk mendukung akuntabilitas keputusan tata ruang.

3.4 Dashboard Statistik Sektoral

Dashboard statistik sektoral dirancang secara terpadu untuk menyajikan data non-spasial secara visual guna mendukung data spasial pada peta. Dashboard ini dibangun menggunakan pustaka ApexCharts yang terbagi ke dalam empat sub-modul utama:

1. Data Persampahan: Menyajikan visualisasi grafik batang (bar chart) untuk tren volume sampah harian dalam satuan ton, serta diagram lingkaran (pie chart) untuk komposisi jenis sampah (organik, anorganik, B3) yang masuk ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Benowo.
2. Kualitas Lingkungan: Menampilkan hasil pemantauan parameter uji kualitas lingkungan (air, udara, dan tanah) dalam bentuk grafik garis (line chart) waktu nyata (time-series) yang dilengkapi dengan garis ambang batas baku mutu lingkungan sesuai peraturan pemerintah.

3. Sarana & Prasarana: Visualisasi grafik kolom (column chart) untuk membandingkan jumlah armada operasional DLH (seperti truk sampah dan mobil penyapu jalan) berdasarkan kondisi fisik (baik, rusak ringan, rusak berat).
4. Ruang Terbuka Hijau (RTH): Menyajikan diagram lingkaran untuk sebaran persentase tipe RTH (Taman Aktif, Jalur Hijau Jalan, RTH Makam) terhadap target pemenuhan luasan RTH perkotaan sebesar 20% dari luas wilayah kota.

Setiap grafik statistik dilengkapi dengan fitur filter dinamis berbasis waktu (bulanan/tahunan) dan wilayah (kecamatan), serta tabel inventarisasi data tabular yang terhubung dengan modul CRUD. Penerapan desain responsif yang adaptif pada dashboard ini juga krusial dalam menjaga kegunaan (usability) sistem saat diakses melalui perangkat gawai yang bervariasi [7].

3.5 Fitur Ekspor Data

WebGIS SIDAPETA menyediakan modul ekspor data untuk mendukung kebutuhan pelaporan administrasi pemerintahan. Modul ini terbagi menjadi dua fitur utama:

Ekspor Peta ke PDF: Pengguna dapat mengunduh peta yang sedang aktif beserta konfigurasinya ke dalam dokumen PDF berukuran A4 Landscape. Proses ini menggunakan pustaka `dom-to-image` untuk menangkap kanvas peta Leaflet.js beserta elemen HTML overlay menjadi gambar berformat Base64 PNG. Selanjutnya, pustaka `jsPDF` menyusun dokumen PDF secara kartografis dengan menambahkan elemen kop surat Bappeda, judul peta tematik, skala bar peta, arah mata angin, legenda peta dinamis, dan peta inset lokasi wilayah Jawa Timur.

Ekspor Atribut ke Excel: Pengguna dapat mengekspor seluruh data tabular atribut dari layer spasial yang sedang aktif ke dalam format spreadsheet Excel (.xlsx). Pustaka `SheetJS` digunakan untuk mengekstrak data dari cache `geoJsonStore` di browser, memformatnya menjadi struktur baris dan kolom yang rapi, serta menyisipkan kolom koordinat geografis (*latitude* dan *longitude*) secara otomatis untuk mempermudah analisis lanjutan pada perangkat lunak eksternal.

3.6 Pengujian Sistem

A. Unit Testing

Pengujian unit dilakukan untuk memvalidasi fungsionalitas logika kode pada modul-modul kritis di sisi front-end dan backend sistem SIDAPETA. Hasil pengujian unit disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Unit Testing Modul Utama SIDAPETA

No	Modul yang Diuji	Komponen	Status
1	Autentikasi	Login, CAPTCHA, rate limiting	PASS
2	Layer Control	Toggle layer, caching geoJsonStore	PASS
3	Koneksi GeoJSON	Fetch API, parsing GeoJSON	PASS
4	Filter Wilayah	Filter kecamatan, filter kelurahan	PASS
5	Analisis K-Means	Kalkulasi feasibility score	PASS
6	Ekspor PDF	Capture canvas, generate PDF	PASS
7	Ekspor Excel	Parse properties, generate xlsx	PASS
8	CRUD Data Statistik	Create, read, update, delete	PASS

B. UI Testing dan Performa Rendering

Pengujian performa rendering dilakukan untuk mengukur kecepatan respon pemuatan data spasial pada browser client menggunakan bantuan *Chrome DevTools Network Panel* dengan kondisi kecepatan jaringan dinormalisasi (*Throttling: Disabled*). Hasil pengujian performa disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Performa Rendering Layer Spasial

No	Nama Layer	Ukuran File	Jumlah Fitur	Waktu Transfer	Waktu Render	Status
1	Batas Kecamatan	2,1 MB	31 poligon	0,25 dtk	0,08 dtk	Baik
2	Pos Damkar	48 KB	15 titik	0,05 dtk	0,01 dtk	Baik
3	Sekolah SD/MI	1,8 MB	845 titik	0,20 dtk	0,12 dtk	Baik
4	Kepadatan Penduduk	4,5 MB	154 poligon	0,45 dtk	0,32 dtk	Baik
5	Jaringan Jalan Raya	96,0 MB	~12.500 segmen	8,20 dtk	4,80 dtk	Berat

C. Cross-Browser Testing

Pengujian kompatibilitas dilakukan untuk memastikan seluruh fitur visual, interaksi JavaScript, dan grafik pada WebGIS SIDAPETA berjalan stabil pada berbagai aplikasi peramban populer. Hasil pengujian kompatibilitas disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kompatibilitas Lintas Peramban

Browser	Render Peta	Analisis Spasial	ApexCharts	Ekspor PDF	Status
Google Chrome 120+	Pass	Pass	Pass	Pass	LULUS
Mozilla Firefox 119+	Pass	Pass	Pass	Pass	LULUS
Microsoft Edge 119+	Pass	Pass	Pass	Pass	LULUS

D. User Acceptance Testing (UAT)

Pengujian UAT dilaksanakan bersama staf perencanaan Bidang IPW Bappeda Kota Surabaya untuk memvalidasi kesesuaian sistem dengan alur kebutuhan pengguna riil di lapangan. Hasil skenario pengujian UAT disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Skenario dan Hasil User Acceptance Testing (UAT)

ID	Fitur yang Diuji	Hasil yang Diharapkan	Status
UAT-01	Login & CAPTCHA	Sistem memvalidasi input, membuat sesi, dan mengalihkan ke beranda.	PASS
UAT-02	Toggle Layer	API dipanggil secara asinkronus, layer spasial muncul tepat di atas peta.	PASS
UAT-03	Filter Wilayah	Viewport peta otomatis fokus (<i>flyTo</i>) pada koordinat wilayah terpilih.	PASS

UAT-04	Cartographic Masking	Area di luar batas administratif Kota Surabaya tertutup masker semi-transparan.	PASS
UAT-05	K-Means Clustering	Pin lokasi rekomendasi baru muncul lengkap dengan proyeksi <i>Convex Hull</i> .	PASS
UAT-06	Choropleth Kepadatan	Poligon kelurahan terwarnai gradasi sesuai klasifikasi tingkat kepadatan.	PASS
UAT-07	Ekspor PDF	Sistem otomatis mengunduh file dokumen PDF berskala dengan format <i>A4 landscape</i> .	PASS
UAT-08	Ekspor Excel	File spreadsheet (.xlsx) berisi seluruh data atribut layer aktif berhasil diunduh.	PASS
UAT-09	Dashboard Statistik	Grafik batang/lingkaran dan tabel penunjang menyajikan data secara sinkron.	PASS
UAT-10	Responsivitas Mobile	<i>Sidebar</i> menu terlipat otomatis, respons interaksi peta tetap terjaga lancar.	PASS

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, implementasi, dan pengujian terhadap pengembangan sistem WebGIS SIDAPETA Surabaya di Bappeda Kota Surabaya, dapat disimpulkan bahwa sistem WebGIS berbasis Laravel dan Leaflet.js ini telah berhasil dikembangkan secara utuh dan resmi dideploy ke server produksi Bappeda Kota Surabaya. Sistem ini siap digunakan sebagai instrumen pendukung keputusan perencanaan pembangunan kota berbasis data spasial sektoral bagi staf Bidang IPW. Melalui penerapan arsitektur asinkronus, integrasi 26 layer data spasial sektoral ke dalam 7 kategori peta interaktif dapat divisualisasikan secara dinamis menggunakan metode lazy-loading. Penerapan mekanisme caching lokal pada objek global `geoJsonStore` terbukti sangat efisien dengan menghemat waktu transfer data sebesar 95,38% pada pemuatan berulang. Di samping itu, komputasi spasial tingkat lanjut berbasis Turf.js berhasil dijalankan secara penuh di sisi klien untuk memfasilitasi fungsionalitas cartographic masking, peta choropleth kepadatan penduduk, heatmap sebaran fasilitas, dan rekomendasi lokasi fasilitas baru menggunakan algoritma K-Means Clustering secara akurat. Seluruh fungsionalitas utama juga telah diuji melalui unit testing, pengujian rendering, cross-browser, dan UAT dengan status akhir dinyatakan lulus (PASS). Untuk pengembangan sistem di masa mendatang, disarankan agar Bappeda Kota Surabaya melakukan migrasi format data spasial berukuran besar ke format Vector Tiles (.pbf / .mvt) guna mempercepat performa rendering pada peramban, serta membangun integrasi database API langsung lintas dinas untuk menjamin automasi pembaruan data secara real-time.

Referensi

- [1] F. Q. Aditya, "Perancangan Sistem WebGIS untuk Visualisasi Data Wilayah, Potensi Daerah, dan Infrastruktur Strategis di Bappeda Sulawesi Tenggara," vol. 19, no. 2, pp. 305–310, 2024.
- [2] A. Spasial, C. Asi, K. Padang, J. R. Mulia, A. Afif, and D. Ortega, "Pemodelan WebGIS Berbasis Simulasi Monte Carlo untuk Prediksi dan," vol. 12, no. 6, 2025, doi: 10.30865/jurikom.v12i6.9395.
- [3] C. Abras, D. Maloney-Krichmar, and J. Preece, "User-centered design," in *Encyclopedia of Human-Computer Interaction*, Sage Publications, 2004, pp. 445–456.
- [4] S. Agrawal and R. D. Gupta, "Web GIS: Principles and applications," *J. Geomatics*, vol. 11, no. 1, pp. 1–10, 2017.
- [5] O. Article, "Development of a WebGIS for University Campus Using an Approach Based on User-Centred Design Techniques," vol. 27, no. 2009, pp. 1–14, 2021, doi: 10.1590/s1982-21702021000100002.
- [6] S. T. Atmoko, D. Winarti, and E. Yandani, "Pengembangan Sistem Informasi Geografis untuk Visualisasi Spasial dan Pemantauan Interaktif Kasus Stunting di Kabupaten Dharmasraya Berbasis Website," vol. 5, no. 2, 2025.
- [7] G. Sig and U. Analisis, "Pengembangan sistem informasi," vol. 7, pp. 4058–4068, 2024.
- [8] D. Mirwansyah and D. Mahdiana, "Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis Berbasis Web : Tinjauan Literatur Sistematis (SLR)," vol. 18, no. 1, 2023.
- [9] D. Edler and M. Vetter, "The Simplicity of Modern Audiovisual Web Cartography : An Example with the Open - Source JavaScript Library leaflet . js," *KN - J. Cartogr. Geogr. Inf.*, vol. 69, no. 1, pp. 51–62, 2019, doi: 10.1007/s42489-019-00006-2.
- [10] J. Malczewski and C. Rinner, *Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science*. Springer, 2015.

DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.10642>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

- [11] J. Morgan and T. Evans, "Client-side geoprocessing with Turf.js: Advancing browser-based spatial analysis," *Trans. GIS*, vol. 23, no. 3, pp. 493–510, 2019.
- [12] R. Sharma and V. Kumar, "Interactive dashboards for spatial decision support: Integrating ApexCharts with WebGIS," *Int. J. Geoinformatics*, vol. 18, no. 2, pp. 77–86, 2022.
- [13] M. Z. Abdillah *et al.*, "Geographic information system (GIS) for mapping Greenpark using Leaflet JS," vol. 5, no. 2, 2021.
- [14] H. Ilmawan and R. A. Mawarni, "Pengembangan Web-SIG sebagai sarana pendukung pengambilan kebijakan pemerintah desa dengan pendekatan user centered design," vol. 10, no. 2, pp. 1–8, 2024.
- [15] M. F. Maulana, N. Aulia, A. Asa, H. Wibowo, M. Irwan, and S. Muh, "Perancangan Sistem Webgis untuk Visualisasi Data Wilayah , Potensi Daerah , dan Infrastruktur Strategis di Bappeda Sulawesi Tenggara sebagai Upaya Mendukung Pengabdian kepada Masyarakat," pp. 1–7, 2025, doi: 10.51454/anoa.v4i01.1339.