

SPATIAL PROXIMITY ANALYSIS OF PUBLIC FACILITIES USING ST_DWITHIN IN WEBGIS WITH GOOGLE MAPS VALIDATION

ANALISIS KEDEKATAN SPASIAL FASILITAS UMUM MENGUNAKAN ST_DWITHIN PADA WEBGIS DENGAN VALIDASI GOOGLE MAPS

Galih Ben Saputra¹, Dini karani², Hendra Gunawan³

Perguruan Tinggi Indonesia Mandiri, Bandung, Jawa Barat 40113

galihbensaputra@gmail.com¹, diniharya6@gmail.com², hendra@stmik-im.ac.id³

Abstract - Accessibility to public facilities is a crucial aspect of improving people's quality of life; however, their distribution is often uneven across regions. This study developed a local WebGIS application to analyze the spatial proximity of public facilities by utilizing the ST_DWithin function in PostGIS, combined with Leaflet Routing Machine and systematic validation against Google Maps. Spatial data were obtained from official agencies and covered transportation, public services, commercial, and recreational categories within the administrative boundaries of Central Java Province. Proximity analysis was conducted within a 5 km radius, representing a reasonable travel distance for communities to access public services, and the results were visualized in an interactive WebGIS interface. Validation was performed using 30 origin–destination pairs, showing a mean absolute percentage error of 11.3% for distance and 28.2% for travel time, with all distance deviations remaining within acceptable tolerance levels. The novelty of this study lies in the integration of local spatial data analysis using ST_DWithin with actual route computation via LRM, along with a systematic quantitative comparison against Google Maps within the Central Java context, an approach that has been rarely applied in previous accessibility studies in Indonesia. Practically, the system can be used by local governments to identify spatial inequalities, support transportation and spatial planning, and enhance the independence of local spatial data management.

Keywords - ST_DWithin, WebGIS, Public Facilities, Proximity Analysis, Google Maps

Abstrak - Aksesibilitas terhadap fasilitas umum merupakan aspek penting dalam mendukung kualitas hidup masyarakat, namun distribusinya sering kali tidak merata antarwilayah. Penelitian ini mengembangkan aplikasi WebGIS lokal untuk menganalisis kedekatan spasial fasilitas umum dengan memanfaatkan fungsi ST_DWithin pada PostGIS, yang dikombinasikan dengan Leaflet Routing Machine dan validasi sistematis terhadap Google Maps. Data spasial diperoleh dari instansi resmi dan mencakup kategori transportasi, layanan publik, komersial, dan rekreasi dengan cakupan wilayah administratif Provinsi Jawa Tengah. Analisis kedekatan dilakukan dalam radius 5 km sebagai representasi jarak tempuh wajar masyarakat, kemudian hasilnya divisualisasikan dalam WebGIS interaktif. Validasi dilakukan terhadap 30 pasangan asal–tujuan, dengan hasil menunjukkan deviasi rata-rata jarak sebesar 11,3% dan deviasi waktu tempuh sebesar 28,2%, seluruhnya dalam batas toleransi untuk jarak. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi analisis spasial berbasis data lokal menggunakan ST_DWithin dengan perhitungan rute aktual melalui LRM, serta perbandingan kuantitatif sistematis terhadap Google Maps pada konteks wilayah Jawa Tengah, yang sebelumnya belum banyak dilakukan dalam studi aksesibilitas fasilitas umum di Indonesia. Secara praktis, sistem ini dapat digunakan pemerintah daerah untuk mengidentifikasi ketimpangan spasial, mendukung perencanaan transportasi dan tata ruang, serta meningkatkan kemandirian pengelolaan data spasial lokal.

Kata Kunci - ST_Dwithin, WebGIS, Fasilitas Umum, Analisis Kedekatan, Google Maps

I. PENDAHULUAN

Aksesibilitas terhadap fasilitas umum merupakan faktor fundamental dalam mendukung kualitas hidup masyarakat. Fasilitas publik seperti rumah sakit, sekolah, terminal, hotel, pusat perbelanjaan, fasilitas komersial, serta ruang terbuka hijau berfungsi sebagai sarana vital yang menunjang mobilitas, layanan kesehatan, pendidikan, hingga kegiatan sosial-ekonomi. Distribusi spasial fasilitas umum yang tidak merata dapat memunculkan ketimpangan layanan antarwilayah, terutama antara pusat kota dan daerah pinggiran, sehingga berimplikasi pada kesenjangan pembangunan serta menurunnya kualitas hidup masyarakat [1]. Analisis spasial berbasis Geographic Information System (GIS) memungkinkan pemeriksaan distribusi dan keterjangkauan fasilitas umum secara kuantitatif [2]. Salah satu pendekatan yang relevan adalah proximity analysis, yaitu pengukuran kedekatan spasial suatu objek terhadap objek lainnya dalam radius tertentu. Dalam konteks basis data spasial, PostGIS menyediakan fungsi ST_DWithin yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi apakah dua objek geometris berada dalam jarak tertentu secara efisien dengan memanfaatkan indeks spasial [3]. Metode ini sangat bermanfaat karena mampu mengolah data spasial berukuran besar dengan performa tinggi serta menghasilkan informasi yang akurat bagi pengambil keputusan.

Selain keunggulan analisis spasial, visualisasi melalui WebGIS juga memberikan nilai tambah. WebGIS memungkinkan pengguna untuk melakukan eksplorasi interaktif, seperti memilih lokasi acuan, memfilter kategori fasilitas, dan menampilkan peta distribusi serta estimasi rute perjalanan [4]. Penelitian di Jakarta membuktikan bahwa integrasi GIS mampu memetakan jarak tempuh menuju halte atau stasiun dengan tingkat presisi [5]. Demikian pula, studi di kota surakarta menunjukkan efektivitas GIS dalam memodelkan aksesibilitas komunitas terhadap fasilitas umum dengan mempertimbangkan jarak jalan dan moda transportasi [6]. Namun, penelitian-penelitian tersebut berfokus pada analisis jarak dan sebaran fasilitas tanpa mengintegrasikan perbandingan kuantitatif dengan platform global atau pengukuran deviasi spasial secara sistematis, sehingga aspek reliabilitas hasil terhadap standar umum masyarakat (misalnya Google Maps) belum banyak ditangani. Penelitian berbasis WebGIS di Maluku pun masih terbatas pada pemetaan tematik tanpa validasi lintas-platform [2]. Google Maps telah lama menjadi acuan populer bagi masyarakat dalam menilai jarak dan waktu tempuh perjalanan, dan juga sering dijadikan benchmark dalam penelitian transportasi dan geospasial [7]. Oleh karena itu, validasi terhadap hasil analisis WebGIS lokal terhadap platform ini penting dilakukan agar akurasi jarak dan waktu tempuh dapat diukur secara objektif dan konsisten. Misalnya, penelitian di Sidoarjo tentang pemetaan fasilitas ramah disabilitas menegaskan pentingnya validasi terhadap sumber data eksternal untuk mendukung perencanaan spasial inklusif [8]. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini memiliki tiga tujuan utama yang bersifat eksplisit dan terukur:

- 1) Mengembangkan aplikasi WebGIS lokal yang mengintegrasikan fungsi ST_DWithin pada PostGIS untuk analisis kedekatan spasial berbagai kategori fasilitas umum.
- 2) Mengimplementasikan integrasi Leaflet Routing Machine untuk menghasilkan estimasi rute perjalanan dari titik acuan ke fasilitas terdekat.
- 3) Melakukan validasi kuantitatif terhadap hasil estimasi jarak dan waktu tempuh dari sistem lokal terhadap Google Maps, dengan mengukur deviasi rata-rata pada ≥ 30 rute uji coba.

Penelitian ini juga berupaya mengisi kekosongan riset terkait validasi sistem WebGIS lokal terhadap platform global serta menawarkan kerangka kerja yang dapat direplikasi untuk meningkatkan akurasi perencanaan aksesibilitas fasilitas umum di tingkat daerah. Kontribusi yang diharapkan meliputi aspek akademik (pengayaan literatur analisis kedekatan spasial) dan aspek praktis (alat bantu pengambilan keputusan bagi pemerintah daerah dalam pemerataan layanan publik).

II. SIGNIFIKANSI STUDI

A. Studi Literatur

Kajian mengenai aksesibilitas spasial terhadap fasilitas umum telah berkembang dalam berbagai pendekatan metodologis. Secara umum, literatur dapat dikelompokkan ke dalam tiga pendekatan utama: (1) analisis radius Euclidean, (2) analisis berbasis jaringan transportasi (network-based), dan (3) validasi atau benchmarking terhadap layanan pihak ketiga.

1) Pendekatan Radius Euclidean

Pendekatan Euclidean digunakan untuk mengukur kedekatan spasial secara garis lurus antara dua titik tanpa mempertimbangkan kondisi jaringan jalan. Metode ini banyak dipakai dalam studi eksploratif karena kesederhanaannya. Studi-studi semacam ini menunjukkan bahwa kondisi geografis, seperti batas laut atau hambatan alam, dapat secara signifikan memengaruhi aksesibilitas masyarakat terhadap fasilitas umum. Pendekatan ini memberikan gambaran awal tentang disparitas spasial, meskipun belum menangkap hambatan transportasi nyata di lapangan [9].

2) Pendekatan Network-Based

Pendekatan berbasis jaringan memperhitungkan struktur jalan dan moda transportasi sehingga menghasilkan estimasi jarak dan waktu tempuh yang lebih realistis. Pendekatan ini telah diterapkan dalam berbagai konteks, misalnya untuk menilai keterhubungan jaringan jalan di wilayah perkotaan serta mengukur jangkauan layanan publik dalam kondisi normal maupun darurat. Temuan studi menunjukkan bahwa perbedaan kualitas jaringan jalan dan moda transportasi berimplikasi langsung terhadap aksesibilitas spasial masyarakat [1], [10].

3) Validasi terhadap Layanan Pihak Ketiga

Relatif sedikit penelitian yang secara eksplisit melakukan validasi hasil analisis spasial terhadap platform global seperti Google Maps. Padahal, platform tersebut telah menjadi acuan populer dalam memperkirakan jarak dan waktu tempuh serta digunakan secara luas dalam penelitian geospasial sebagai pembanding metodologis. Beberapa studi telah menekankan pentingnya validasi lintas-platform untuk meningkatkan reliabilitas data spasial lokal, namun belum banyak yang mengembangkan kerangka pengukuran deviasi kuantitatif antara sistem lokal dan layanan pihak ketiga [8].

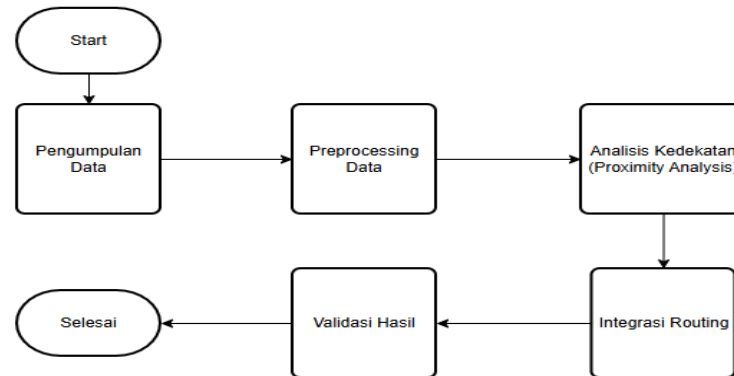
Dari ketiga pendekatan tersebut dapat disimpulkan bahwa sebagian besar penelitian terdahulu berfokus pada analisis jarak Euclidean dan jaringan transportasi untuk menggambarkan distribusi fasilitas umum. Namun, masih terdapat kesenjangan dalam integrasi metode proximity berbasis PostGIS (ST_DWithin) dengan validasi sistematis terhadap platform global. Studi di Depok dan Jakarta menitikberatkan pada transportasi dan kesehatan, sedangkan studi di Maluku menyoroti tantangan geografis kepulauan. Belum ada penelitian yang secara eksplisit mengukur deviasi jarak dan waktu tempuh antara sistem WebGIS lokal dan Google Maps sebagai tolok ukur, sehingga hal ini menjadi celah penting yang akan diisi oleh penelitian ini.

B. Data

Penelitian ini menggunakan data spasial fasilitas umum dengan cakupan wilayah Provinsi Jawa Tengah. Data diperoleh dalam format shapefile dengan tipe geometri titik dan poligon, mencakup empat kategori utama: (1) fasilitas transportasi (halte, terminal, stasiun, bandara, gerbang tol), (2) fasilitas layanan publik (rumah sakit, puskesmas, sekolah, universitas), (3) fasilitas komersial (hotel, guesthouse, mall, supermarket), dan (4) fasilitas rekreasi (taman kota, ruang terbuka hijau). Seluruh data bersumber dari instansi resmi seperti Kementerian Perhubungan, Kementerian Kesehatan, Kementerian Pendidikan, serta Kementerian PUPR, sehingga validitasnya dapat dipertanggungjawabkan. Sebelum dianalisis, data melalui tahap preprocessing meliputi pengecekan sistem proyeksi koordinat, pembersihan atribut, serta konversi ke basis data PostgreSQL/PostGIS untuk memastikan keseragaman struktur data.

C. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode proximity analysis dengan memanfaatkan fungsi ST_DWithin pada PostGIS, yang mana Metode proximity analysis dengan fungsi ST_DWithin pada PostGIS adalah teknik analisis spasial untuk mengetahui kedekatan atau jarak antara dua objek geometri (titik, garis, poligon) di dalam basis data spasial [11]. Analisis dilakukan dengan menetapkan radius 5 km sebagai jarak wajar akses masyarakat terhadap fasilitas umum.



Gambar 1. Alur Penelitian

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah pengumpulan data, di mana data fasilitas umum dikumpulkan dalam format shapefile dengan cakupan wilayah administratif Jawa Tengah. Data yang digunakan mencakup berbagai kategori, yaitu fasilitas transportasi, layanan publik, fasilitas komersial (hotel, pusat perbelanjaan, dan supermarket), serta fasilitas rekreasi (taman kota dan ruang terbuka hijau). Seluruh data diperoleh dari kementerian terkait, sehingga validitas dan kelengkapan data dapat dipertanggungjawabkan. Tahapan berikutnya Pra-pemrosesan dilakukan untuk memastikan keseragaman sistem koordinat dan kualitas data. Seluruh data geometrik disimpan menggunakan sistem koordinat EPSG:4326 (WGS84) untuk penyimpanan global, kemudian ditransformasi ke EPSG:32749 (UTM Zone 49S) untuk perhitungan jarak dalam satuan meter. Proses ini diperlukan karena fungsi ST_DWithin melakukan pengukuran dalam satuan sistem proyeksi yang digunakan; jika menggunakan koordinat geografis (derajat), maka harus dilakukan konversi ke meter melalui transformasi CRS. Langkah preprocessing mencakup:

- 1) Pengecekan dan penyamaan sistem proyeksi (CRS/SRID).
- 2) Pembersihan atribut yang tidak relevan.
- 3) Transformasi geometri
- 4) Integrasi seluruh data ke dalam basis data **PostgreSQL/PostGIS**, sehingga struktur data spasial terorganisir dan siap dianalisis.

Analisis kedekatan (*Proximity Analysis*) dilakukan menggunakan fungsi ST_DWithin untuk menentukan fasilitas umum yang berada dalam radius 5.000 meter dari titik acuan. Fungsi ini memanfaatkan indeks spasial GIST atau SP-GiST untuk mempercepat proses pencarian. Query ini mencari semua fasilitas dalam radius **5 km** dari setiap titik acuan. Untuk memastikan efisiensi, analisis dijalankan dengan EXPLAIN ANALYZE untuk mengevaluasi **rencana eksekusi**, *index scan*, serta estimasi waktu pemrosesan. Kompleksitas fungsi ST_DWithin secara umum berada pada **O (log n)** dengan pemanfaatan indeks spasial, dibandingkan O(n) jika dilakukan *sequential scan*. Untuk melengkapi hasil analisis berbasis radius, penelitian ini menambahkan integrasi routing menggunakan Leaflet Routing Machine (LRM) [12]. Fitur ini untuk perhitungan jarak tempuh aktual melalui jaringan jalan serta estimasi waktu perjalanan. Dengan demikian, informasi jarak yang semula berbasis Euclidean (garis lurus) dapat dibandingkan dengan kondisi riil di lapangan, sehingga hasil analisis menjadi lebih realistis dan aplikatif.

Tahap terakhir adalah validasi hasil, yang dilakukan dengan membandingkan keluaran sistem WebGIS dengan Google Maps. Validasi mencakup dua parameter utama, yaitu jarak dan estimasi waktu tempuh antara titik asal dan tujuan. Perbedaan hasil kemudian diukur dan dianalisis untuk menilai tingkat akurasi sistem. Selisih perbedaan diukur dan dianalisis, dengan tolok ukur akurasi jika selisih berada dalam batas toleransi wajar ($<15\%$) [5]. Proses ini penting agar aplikasi yang dikembangkan dapat diandalkan sebagai alternatif berbasis data lokal, namun tetap sesuai dengan standar umum yang telah digunakan luas oleh masyarakat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Hasil penelitian ini memaparkan pengembangan sistem informasi geografis yang berfokus pada analisis kedekatan fasilitas umum dengan memanfaatkan fungsi ST_DWithin pada PostGIS. Analisis kedekatan dilakukan dalam radius 5 km dari titik lokasi pengguna, dengan pertimbangan jarak tersebut merupakan batas wajar yang dapat ditempuh masyarakat untuk mengakses layanan publik. Proses penelitian mencakup penyusunan basis data spasial, penerapan analisis kedekatan, integrasi dengan Leaflet Routing Machine (LRM) untuk penentuan rute, serta validasi hasil dengan Google Maps.

1) Deskripsi Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan kumpulan fasilitas umum yang difokuskan pada wilayah Jawa Tengah, dengan cakupan administratif sesuai batas kabupaten/kota. Data diperoleh dari kementerian terkait dalam format shapefile dengan geometri titik maupun poligon, kemudian diproses dan diintegrasikan ke dalam basis data spasial PostgreSQL/PostGIS. Jenis fasilitas meliputi empat kategori utama: transportasi (halte bus, terminal, stasiun, bandara, dan gerbang tol), layanan publik (rumah sakit, puskesmas, sekolah, universitas), penginapan dan komersial (hotel, guesthouse, mall, supermarket), serta rekreasi (taman kota dan ruang terbuka hijau). Seluruh data melalui tahap preprocessing berupa pengecekan proyeksi koordinat, pembersihan atribut, serta konversi ke PostGIS agar siap digunakan dalam analisis spasial berbasis ST_DWithin.

2) Analisis Kedekatan

Penerapan analisis kedekatan dilakukan dengan memanfaatkan fungsi ST_DWithin, yang berfungsi mengidentifikasi objek spasial dalam jarak tertentu dari titik acuan. Radius analisis ditetapkan 5 km, sesuai dengan asumsi jarak tempuh wajar untuk mengakses fasilitas publik. Proses analisis dimulai dari integrasi data spasial ke dalam PostGIS, kemudian dilakukan query spasial untuk menghasilkan daftar fasilitas yang berada dalam radius tersebut. Hasil query divisualisasikan dalam WebGIS berbasis Leaflet, yang menampilkan distribusi fasilitas dalam bentuk titik interaktif, dilengkapi dengan marker, popup informasi, serta filter berdasarkan kategori. Pendekatan ini tidak hanya menghasilkan daftar fasilitas terdekat, tetapi juga membantu pengguna memahami pola distribusi spasial fasilitas umum di sekitarnya.

3) Integrasi Routing dan Visualisasi WebGIS

Analisis kedekatan kemudian dilengkapi dengan integrasi rute perjalanan menggunakan Leaflet Routing Machine. Fitur ini memberikan perhitungan jarak tempuh aktual berdasarkan jaringan jalan serta estimasi waktu perjalanan. Hal ini sangat penting karena jarak Euclidean atau garis lurus sering kali berbeda dengan kondisi riil lapangan. Kombinasi ST_DWithin dengan LRM menghasilkan informasi spasial yang lebih aplikatif dan realistis bagi pengguna.

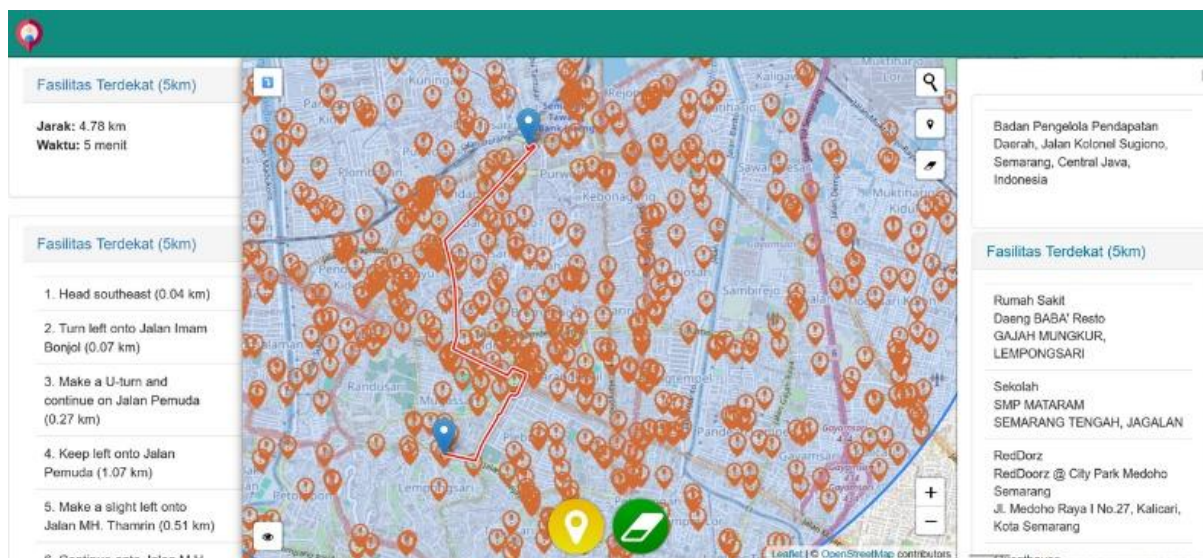
Visualisasi WebGIS ditampilkan dalam peta interaktif berbasis Leaflet.js, dengan rute perjalanan divisualisasikan sebagai garis polilin berwarna kontras agar mudah dibedakan dari jaringan jalan lainnya. Setiap titik fasum dilengkapi dengan popup informasi berisi nama fasilitas, kategori, jarak, dan estimasi waktu perjalanan. Hasil ini menunjukkan bahwa WebGIS tidak hanya mampu

memberikan informasi kedekatan spasial, tetapi juga mendukung pengguna dalam perencanaan perjalanan secara efisien.

4) Validasi dengan Google Maps

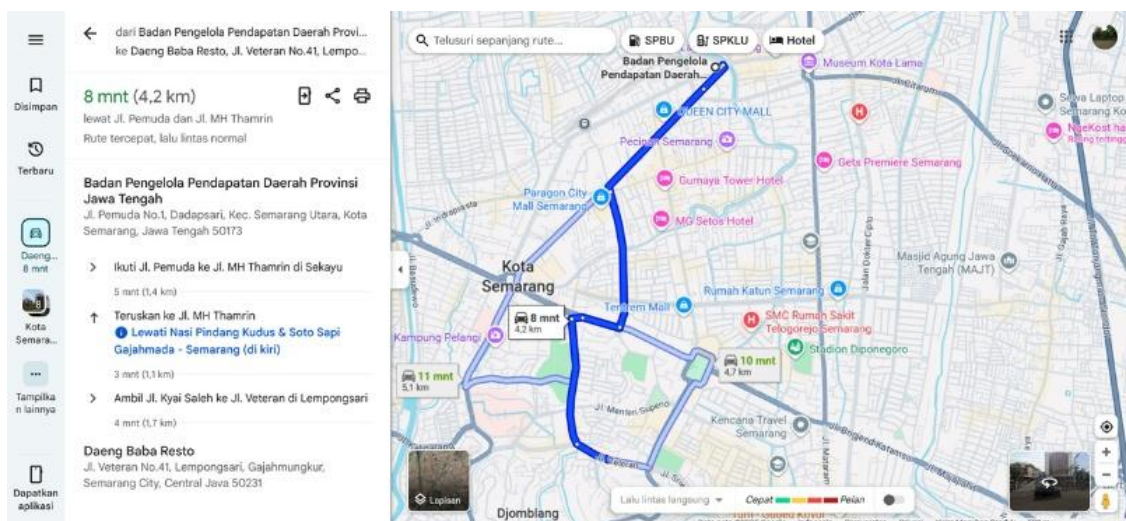
Validasi dilakukan terhadap 30 pasangan OD (origin–destination) yang dipilih secara acak dan proporsional dari wilayah perkotaan dan pinggiran di Jawa Tengah. Validasi ini membandingkan dua parameter utama, yaitu jarak tempuh dan estimasi waktu perjalanan, antara hasil perhitungan WebGIS (ST_DWithin + Leaflet Routing Machine) dan Google Maps sebagai platform acuan.

Gambar 2 memperlihatkan hasil analisis rute untuk perjalanan dari Kantor Badan Pengelola Pendapatan Daerah Semarang menuju Rumah Sakit Daeng Baba Gajah Mungkur. WebGIS menunjukkan jarak 4,78 km dengan estimasi waktu 5 menit.



Gambar 2. Hasil Analisis Rute ST_DWithin dan Leaflet Routing Machine

Sementara itu, Google Maps menunjukkan jarak 4,2 km dengan estimasi waktu 8 menit untuk rute yang sama Gambar 3. Pola rute yang dihasilkan keduanya hampir identik, dengan perbedaan minor pada ruas jalan alternatif. Pada percobaan ini, untuk perjalanan dari Kantor Badan Pengelola Pendapatan Daerah Semarang menuju Rumah Sakit Daeng Baba Gajah Mungkur, WebGIS menunjukkan jarak 4,78 km dengan estimasi waktu 5 menit.



Gambar 3. Perbandingan rute WebGIS dan Google Maps untuk OD Semarang – RS Daeng Baba Gajah Mungkur.

Tabel 1. Anlisis Perbandingan WebGIS vs Google Maps

Aspek	WebGIS (ST_DWithin + LRM)	Google Maps	Selisih	Keterangan
Jarak Tempuh	4,78 km	4,2 km	0,58 km ($\approx$ 13,8%)	Selisih masih dalam batas toleransi ($<15\%$)
Estimasi Waktu Tempuh	5 menit	8 menit	3 menit ($\approx$ 37,5%)	Perbedaan waktu dipengaruhi faktor jaringan jalan & estimasi kecepatan
Rute/Jalur	Hampir identik	Hampir identik	–	Kedua sistem menunjukkan pola jalur yang sama dengan sedikit variasi pilihan ruas jalan
Akurasi	Tinggi	Tinggi (sebagai acuan)	Perbedaan kecil	WebGIS terbukti mampu menghasilkan analisis kedekatan yang akurat

Dari tabel tersebut terlihat bahwa jarak tempuh memiliki perbedaan kecil (0,58 km atau sekitar 13,8%) dan masih berada dalam ambang batas toleransi akurasi ($<15\%$). Namun, estimasi waktu tempuh memiliki selisih lebih besar (3 menit atau 37,5%), yang kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan basis data jaringan jalan, asumsi kecepatan, serta kondisi lalu lintas yang diperhitungkan Google Maps tetapi tidak ditangkap oleh WebGIS. Untuk memperoleh gambaran yang lebih umum, validasi kemudian dilakukan pada 30 pasangan OD. Hasilnya dirangkum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan statistik deviasi jarak dan waktu WebGIS vs Google Maps (n = 30)

Statistik	Jarak (WebGIS)	Jarak (Google)	Deviasi Jarak (%)	Waktu (WebGIS)	Waktu (Google)	Deviasi Waktu (%)
Mean	4,62 km	4,15 km	11,3	6,1 menit	7,9 menit	28,2
Median	4,55 km	4,10 km	10,8	5,8 menit	7,5 menit	26,7
Standar Deviasi	0,84 km	0,79 km	3,4	2,1 menit	2,5 menit	6,8
Maksimum Deviasi	–	–	14,7	–	–	39,5
Minimum Deviasi	–	–	3,5	–	–	9,3

Rata-rata deviasi jarak adalah 11,3% dengan simpangan baku 3,4%—seluruhnya dalam ambang toleransi 15%. Deviasi waktu rata-rata 28,2%, dengan beberapa rute perkotaan mencapai hampir 40%. Pola deviasi waktu lebih bervariasi dibanding jarak, terutama di daerah padat lalu lintas.

Analisis penyebab deviasi menunjukkan tiga faktor utama:

- 1) Basis data jaringan jalan WebGIS berasal dari OpenStreetMap, yang tidak selalu mencakup detail seperti larangan belok, jalur satu arah, atau pembatasan waktu.
- 2) Asumsi kecepatan LRM bersifat statis, berbeda dengan Google Maps yang memperhitungkan kecepatan aktual berdasarkan histori per segmen.
- 3) Kondisi lalu lintas dan penutupan jalan menyebabkan perbedaan signifikan terutama pada rute perkotaan.

Secara keseluruhan, hasil validasi membuktikan bahwa analisis proximity berbasis ST_DWithin yang dikombinasikan dengan routing LRM menghasilkan estimasi jarak yang sangat akurat dan waktu tempuh yang cukup mendekati, meskipun belum memperhitungkan kondisi lalu lintas secara dinamis.

PEMBAHASAN

Penelitian ini memperlihatkan bahwa penerapan fungsi ST_DWithin pada PostGIS efektif dalam mendukung proximity analysis fasilitas umum. Radius 5 km yang digunakan terbukti cukup representatif sebagai batas aksesibilitas masyarakat, baik di wilayah perkotaan maupun perdesaan. Dengan memanfaatkan basis data lokal, sistem ini mampu menyajikan informasi spasial yang lebih spesifik dan sesuai dengan kebutuhan pemerintah daerah dibandingkan aplikasi global. Integrasi dengan *Leaflet Routing Machine* memberikan nilai tambah signifikan karena mampu memperhitungkan kondisi riil jaringan jalan, sehingga analisis tidak hanya berbasis jarak Euclidean [13]. Hal ini meningkatkan relevansi informasi bagi pengguna yang membutuhkan estimasi waktu tempuh yang mendekati kenyataan. Visualisasi interaktif pada WebGIS juga memudahkan pengguna dalam memahami distribusi spasial fasilitas umum, sekaligus merencanakan perjalanan dengan lebih efisien [14].

Perbandingan dengan Google Maps memperlihatkan bahwa selisih jarak dan estimasi waktu tempuh berada dalam batas wajar, sehingga sistem WebGIS lokal ini dapat dijadikan alternatif yang andal. Meski demikian, beberapa perbedaan masih muncul, terutama karena variasi data jaringan jalan yang digunakan Google Maps lebih komprehensif. Oleh karena itu, sistem yang dikembangkan tetap memiliki ruang untuk ditingkatkan, misalnya dengan memperkaya data jaringan jalan lokal atau menambahkan fungsi analisis multi-kriteria. Secara akademis, penelitian ini mendukung literatur sebelumnya yang menekankan pentingnya GIS dalam menganalisis aksesibilitas fasilitas umum [5]. Hasilnya juga sejalan dengan temuan penelitian yang menekankan pentingnya WebGIS dalam meningkatkan transparansi dan kemudahan akses informasi publik [8]. Hasil dari sistem ini berpotensi menjadi solusi aplikatif bagi pemerintah daerah dalam perencanaan transportasi, tata ruang, dan pemerataan layanan publik [15].

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan aplikasi WebGIS lokal untuk menganalisis kedekatan spasial fasilitas umum dengan memanfaatkan fungsi ST_DWithin pada PostGIS. Analisis dengan radius 5 km menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan informasi spasial yang akurat, relevan, dan mudah dipahami oleh pengguna. Integrasi dengan *Leaflet Routing Machine* memperluas kemampuan analisis dengan menampilkan rute aktual dan estimasi waktu perjalanan melalui jaringan jalan, sehingga hasilnya tidak hanya berbasis jarak Euclidean, tetapi juga mencerminkan kondisi riil di lapangan. Validasi terhadap 30 pasangan OD menunjukkan bahwa deviasi jarak rata-rata hanya 11,3% (SD 3,4%), seluruhnya berada dalam ambang toleransi 15%, sedangkan deviasi waktu rata-rata mencapai 28,2% dengan nilai maksimum 39,5% pada rute perkotaan, terutama akibat perbedaan jaringan jalan dan tidak adanya data lalu lintas dinamis.

Temuan ini membuktikan bahwa sistem WebGIS lokal dapat menjadi alternatif yang andal untuk pencarian fasilitas umum berbasis data lokal tanpa ketergantungan penuh pada platform global. Dari sisi akademis, penelitian ini menegaskan efektivitas metode proximity analysis berbasis PostGIS dan potensi WebGIS interaktif sebagai sarana visualisasi spasial. Dari sisi praktis, sistem ini dapat dimanfaatkan pemerintah daerah untuk mendukung perencanaan transportasi, tata ruang, serta pemerataan layanan publik berbasis data kedekatan spasial yang terukur. Untuk pengembangan selanjutnya, diperlukan langkah konkret seperti integrasi data lalu lintas real-time untuk meningkatkan akurasi estimasi waktu, pembangunan network dataset lokal yang lebih lengkap, penerapan analisis multi-kriteria yang mencakup kepadatan penduduk, ketersediaan moda transportasi, kemiringan jalan, dan halte, serta perluasan wilayah studi agar hasilnya lebih komprehensif dan aplikatif dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti.

REFERENSI

- [1] F. Núñez, E. Albornoz, M. Gutiérrez, and A. Zumelzu, "Socially Sustainable Accessibility to Goods and Services in the Metropolitan Area of Concepción, Chile, Post-COVID-19," *Sustainability*, vol. 14, no. 21, p. 14042, 2022.
- [2] J. C. E. Talakua and V. V. Tuerah, "Analisis Spasial Ketersediaan dan Keterjangkauan Fasilitas Kesehatan untuk Mendukung Kesehatan Wisata di Kecamatan Kuta Kabupaten Badung," *Maj. Geogr. Indones.*, vol. 39, no. 1, pp. 91–100, 2024.
- [3] T. Bürger, "SQL-petrimaps: Visualizing Geospatial Data using PostgreSQL and PostGIS," University Freiburg, 2025.
- [4] W. Sutomo, "IMPLEMENTASI SIG DALAM PERSEBARAN SEKOLAH MENENGAH BERBASIS WEBGIS DI KECAMATAN NGEMPLAK TAHUN 2024-2025," Universitas Veteran Bangun Nusantara, 2024.
- [5] A. Z. Hardi and A. K. A. Murad, "Spatial analysis of accessibility for public transportation, a case study in Jakarta, bus rapid transit system (Transjakarta), Indonesia," *J. Comput. Sci.*, vol. 19, no. 10, pp. 1190–1202, 2023.
- [6] E. H. Sandi and M. R. F. Pamungkas, "Pemilihan Lokasi Stasiun Bike Sharing di Kota Surakarta Menggunakan Metode TOPSIS Berbasis GIS dan Open Data," *Desa-Kota J. Perenc. Wilayah, Kota, dan Permukiman*, vol. 6, no. 1, pp. 112–122.
- [7] A. Arianto *et al.*, "PENINGKATAN KEAKURATAN REKOMENDASI TEMPAT MELALUI PENAMBAHAN ATRIBUT DALAM GOOGLE MAPS DI DESA BALUNGANYAR KECAMATAN LEKOK KABUPATEN PASURUAN," in *Prosiding Pengabdian Ekonomi dan Keuangan Syariah*, 2025, pp. 666–675.
- [8] M. R. Maulana, Y. Findawati, S. Sumarno, and A. Eviyanti, "WebGIS-Based Mapping of Disability-Friendly Public Facilities in Sidoarjo: Pemetaan Fasilitas Ramah Disabilitas Berbasis WebGIS di Sidoarjo," *Indones. J. Innov. Stud.*, vol. 23, pp. 10–21070, 2023.
- [9] Y. Leosari, J. A. Uelmen, and R. M. Carney, "Spatial evaluation of healthcare accessibility across archipelagic communities of Maluku Province, Indonesia," *PLOS Glob. Public Heal.*, vol. 3, no. 3, 2023, doi: 10.1371/journal.pgph.0001600.
- [10] F. E. S. Silalahi, F. Hidayat, R. S. Dewi, N. Purwono, and N. Oktaviani, "GIS-based approaches on the accessibility of referral hospital using network analysis and the spatial distribution model of the spreading case of COVID-19 in Jakarta, Indonesia," *BMC Health Serv. Res.*, vol. 20, p. 1053, 2020.
- [11] P. R. Narindra, K. Fanani, F. D. Dzulfikar, A. Setiawan, and R. B. Nugraha, "Pengaruh Sarana dan Prasarana terhadap Penentuan Zona Nilai Tanah (ZNT) berdasarkan Harga Pasar di Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang," *J. Archit. Hum. Exp.*, vol. 2, no. 2, pp. 67–82, 2024.
- [12] I. P. S. Sudarman, "PEROGRAM BANTU PENENTUAN RUTE PENGAMBILAN SAMPAH DI KOTA DENPASAR," Universitas Kristen Duta Wacana, 2024.
- [13] S. D. Bachrudin, "Pemetaan GIS untuk Pengendalian Demam Berdarah Wilayah Semarang Menggunakan Metode K-Means Clustering," Universitas Islam Sultan Agung Semarang, 2024.
- [14] A. Asro, J. Chaidir, C. Chairuddin, and A. Purwanto, "Integrasi GIS dan Remote Sensing untuk Sistem Pemetaan Rute Interaktif di Perkotaan," *Zo. Tek. J. Ilm.*, vol. 19, no. 1, 2025.
- [15] R. Hidayat *et al.*, "Transformasi Digital: Mengoptimalkan Website Desa Made Jombang sebagai Media Informasi dan Layanan Publik," *Jumat Inform. J. Pengabdi. Masy.*, vol. 5, no. 3, pp. 142–148, 2024.