

Analisis Spasial Permukiman Berbasis Sistem Informasi Geografis menggunakan QGIS dan OpenStreetMap

Arie Surachman

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

Universitas Indraprasta PGRI

Jalan Raya Tengah No 80, Kelurahan Gedong, Pasar Rebo, Jakarta Timur INDONESIA

¹ariesurachmanmkom@gmail.com

Intisari—Dokumen Permukiman adalah bagian penting dari kota yang mempengaruhi kualitas hidup penduduknya. Untuk memahami karakteristik permukiman dan menentukan strategi pengembangannya, diperlukan analisis spasial yang tepat dan efektif. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan perangkat lunak QGIS dan data OpenStreetMap untuk menganalisis spasial permukiman di suatu daerah studi. Metode analisis meliputi pengelompokan permukiman berdasarkan jenis, pengukuran luas dan kepadatan permukiman, serta analisis jarak dan aksesibilitas ke fasilitas publik. Hasil analisis akan digunakan untuk merancang rekomendasi kebijakan dan pengembangan permukiman yang lebih baik di masa depan. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pemahaman tentang permukiman dan aplikasi SIG dalam analisis spasial.

Kata kunci— Analisis Spasial, SIG, QGIS, OpenStreetMap, Geografis

Abstract—Neighborhoods are an important part of a city that affects the quality of life of its residents. To understand the characteristics of settlements and determine development strategies, appropriate and effective spatial analysis is needed. In this research, researchers used a Geographic Information System (GIS) with QGIS software and OpenStreetMap data to spatially analyze settlements in a study area. Analysis methods include grouping settlements based on type, measuring the area and density of settlements, as well as analyzing distance and accessibility to public facilities. The results of the analysis will be used to design policy recommendations and better settlement development in the future. It is hoped that this research can contribute to the understanding of settlements and the application of GIS in spatial analysis.

Keywords— Spatial Analysis, GIS, QGIS, OpenStreetMap, Geographic

I. PENDAHULUAN

Permukiman adalah bagian penting dari kota yang mempengaruhi kualitas hidup penduduknya. Namun, permukiman yang kurang teratur dan kurang terencana dapat menyebabkan masalah seperti kemacetan, kesulitan akses ke fasilitas umum, dan polusi lingkungan. Oleh karena itu, analisis spasial permukiman yang tepat dan efektif diperlukan untuk memahami karakteristik permukiman dan menentukan strategi pengembangannya. [1].

Meskipun analisis spasial telah lama digunakan dalam perencanaan kota dan pembangunan permukiman, namun masih banyak tantangan dalam pengumpulan data spasial yang akurat dan terkini. Selain itu, perangkat lunak SIG yang digunakan dalam analisis spasial juga perlu dipilih dengan tepat untuk memastikan hasil analisis yang akurat dan dapat diandalkan. [2].

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menggunakan perangkat lunak SIG QGIS dan data OpenStreetMap untuk melakukan analisis spasial permukiman di suatu daerah studi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pemahaman tentang permukiman dan aplikasi SIG dalam analisis spasial. Hasil

analisis dapat digunakan sebagai dasar untuk merancang rekomendasi kebijakan dan pengembangan permukiman yang lebih baik di masa depan. [3].

Berdasarkan latar belakang masalah yang sudah dijelaskan, peneliti telah menjabarkan beberapa rumusan masalah yang ingin dihadapi pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana karakteristik permukiman di suatu daerah studi berdasarkan jenis, luas, kepadatan, dan jarak ke fasilitas umum?

2. Bagaimana penggunaan perangkat lunak QGIS dan data OpenStreetMap dapat digunakan untuk melakukan analisis spasial permukiman yang efektif?

3. Apa saja rekomendasi kebijakan dan pengembangan permukiman yang dapat dirancang berdasarkan hasil analisis spasial permukiman di suatu daerah studi. [4].

Peneliti juga sudah menjabarkan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian kali ini, yaitu:

1. Menganalisis karakteristik permukiman di suatu daerah studi berdasarkan jenis, luas, kepadatan, dan jarak ke fasilitas umum menggunakan perangkat lunak SIG QGIS dan data OpenStreetMap.

2. Mengaplikasikan perangkat lunak SIG QGIS dan data OpenStreetMap untuk melakukan analisis spasial permukiman yang efektif.
3. Merancang rekomendasi kebijakan dan pengembangan permukiman yang lebih baik di masa depan berdasarkan hasil analisis spasial permukiman di suatu daerah studi. [5].

Dalam konsep penelitian, diperlukan adanya batasan sistem untuk mengukur dan membatasi hal-hal yang jauh dari tujuan peneliti. Berikut batasan sistem yang pada penelitian ini:

1. Penelitian ini difokuskan pada analisis spasial permukiman di suatu daerah studi tertentu, sehingga hasil penelitian tidak dapat digeneralisasi secara langsung ke daerah lain.
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari OpenStreetMap, sehingga keterbatasan data yang tersedia dapat mempengaruhi akurasi hasil analisis.
3. Perangkat lunak SIG yang digunakan dalam penelitian ini adalah QGIS, sehingga hasil analisis dapat berbeda jika menggunakan perangkat lunak SIG lainnya.
4. Penelitian ini hanya fokus pada analisis spasial permukiman dan tidak membahas masalah sosial, ekonomi, dan politik yang terkait dengan permukiman. Waktu penelitian terbatas, sehingga hanya beberapa aspek permukiman yang dapat dianalisis secara mendalam. [6].

II. BACKGROUND/LATAR BELAKANG/REVIEW LITERATUR

Sistem yang digunakan dalam judul penelitian kali ini adalah Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis perangkat lunak QGIS dan data OpenStreetMap. Sistem ini digunakan untuk melakukan analisis spasial permukiman dengan mengintegrasikan data spasial dan non spasial dalam satu sistem. Perangkat lunak QGIS adalah perangkat lunak SIG *opensource* yang dapat digunakan untuk mengolah, menganalisis, dan memvisualisasikan data spasial. Sementara itu, OpenStreetMap adalah sumber data spasial terbuka dan gratis yang dapat diakses dan dimodifikasi oleh pengguna. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data spasial seperti peta permukiman, jaringan jalan, dan fasilitas umum, serta data non spasial seperti jumlah penduduk, [7].

kepadatan penduduk, dan luas wilayah. Dengan memanfaatkan perangkat lunak QGIS dan data OpenStreetMap, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik permukiman, serta merancang rekomendasi kebijakan dan pengembangan permukiman yang lebih baik di masa depan. [8].

Cara Penggunaan

Berikut peneliti jabarkan cara penggunaan dari sistem yang akan digunakan pada penelitian ini:

1. Instalasi perangkat lunak QGIS: Pertama-tama, unduh dan instal perangkat lunak QGIS pada komputer. Perangkat lunak QGIS tersedia secara gratis dan dapat diunduh dari situs resmi QGIS.
2. Pemrosesan data OpenStreetMap: Setelah menginstal QGIS, sudah dapat memproses data OpenStreetMap. Data

OpenStreetMap dapat diunduh secara gratis dari situs web OpenStreetMap. Setelah data OpenStreetMap diunduh, data harus di import ke dalam QGIS.

3. Analisis spasial permukiman: Setelah data OpenStreetMap diimpor ke dalam QGIS, dan dapat memulai analisis spasial permukiman. Gunakan alat analisis spasial QGIS untuk mengukur jarak antara permukiman dan fasilitas umum, menghitung kepadatan penduduk, atau membuat peta tematik untuk menganalisis karakteristik permukiman.

4. Visualisasi data: Setelah selesai melakukan analisis spasial, visualisasikan hasil analisis menggunakan peta atau grafik. QGIS menyediakan berbagai macam jenis peta dan grafik yang dapat digunakan untuk memvisualisasikan hasil analisis secara efektif.

5. Penyajian hasil: Setelah memvisualisasikan hasil analisis, sajikan hasil dalam format laporan atau presentasi. dapat menggunakan template yang sudah disediakan oleh QGIS atau membuat tampilan khusus yang sesuai dengan kebutuhan. [9].

Faktor yang Mempengaruhi

Beberapa faktor yang mempengaruhi sistem yang digunakan dalam judul penelitian ini, yaitu:

1. Ketersediaan data: Sistem ini sangat tergantung pada ketersediaan data spasial dan non spasial yang berkualitas. Kualitas data sangat mempengaruhi hasil akhir dari analisis spasial permukiman.

2. Keahlian pengguna: Sistem ini membutuhkan keahlian pengguna dalam penggunaan perangkat lunak SIG, khususnya QGIS. Pengguna harus dapat mengolah, menganalisis, dan memvisualisasikan data secara efektif.

3. Ketersediaan perangkat keras dan lunak: Sistem ini memerlukan perangkat keras dan lunak yang memadai untuk memproses data dan menjalankan perangkat lunak QGIS. Pengguna harus memiliki komputer atau laptop yang memadai untuk menjalankan perangkat lunak QGIS.

4. Waktu dan biaya: Pengguna harus mempertimbangkan waktu dan biaya yang diperlukan untuk mengumpulkan, memproses, dan menganalisis data permukiman. Pengguna harus dapat memanfaatkan waktu dan biaya secara efektif untuk menghasilkan analisis yang berkualitas. [10].

Ketersediaan dukungan: Pengguna harus mempertimbangkan ketersediaan dukungan teknis dalam menggunakan perangkat lunak QGIS dan sistem ini secara umum. Dukungan teknis dapat membantu pengguna dalam mengatasi masalah teknis yang mungkin timbul selama proses pengolahan dan analisis data.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Tahap pengembangan dari penelitian "Analisis Spasial Permukiman Berbasis Sistem Informasi Geografis menggunakan QGIS dan OpenStreetMap" dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi literatur: Studi literatur dilakukan untuk memahami konsep-konsep dan teknologi yang terkait dengan sistem yang akan dikembangkan. Studi literatur dapat

memberikan dasar pengetahuan yang diperlukan dalam pengembangan sistem.

2. Analisis kebutuhan: Analisis kebutuhan dilakukan untuk memahami kebutuhan pengguna terkait sistem yang akan dikembangkan. Analisis kebutuhan meliputi identifikasi masalah, kebutuhan fungsional dan non-fungsional, dan pemilihan teknologi yang tepat untuk memenuhi kebutuhan pengguna.

3. Desain sistem: Desain sistem dilakukan untuk merancang sistem yang akan dibangun. Desain sistem meliputi spesifikasi perangkat lunak, perangkat keras, dan arsitektur sistem. Selain itu, desain sistem juga mencakup desain antarmuka pengguna dan desain database.

4. Implementasi sistem: Implementasi sistem dilakukan dengan membangun perangkat lunak berdasarkan desain sistem yang telah dibuat. Implementasi sistem meliputi pengembangan kode, pengujian perangkat lunak, dan pengintegrasian perangkat lunak dan perangkat keras.

5. Pengujian sistem: Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sistem berfungsi dengan benar dan memenuhi kebutuhan pengguna. Pengujian sistem meliputi pengujian fungsional, pengujian non-fungsional, dan pengujian integrasi.

6.

Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan merupakan tahap penting dalam pengembangan sistem, termasuk dalam penelitian "Analisis Spasial Permukiman Berbasis Sistem Informasi Geografis menggunakan QGIS dan OpenStreetMap". Analisis kebutuhan bertujuan untuk memahami kebutuhan pengguna dan menentukan fitur atau fungsionalitas yang diperlukan dalam sistem yang akan dikembangkan.

Analisis kebutuhan pada penelitian ini dapat dilakukan melalui beberapa langkah berikut:

a. Identifikasi masalah: Identifikasi masalah dilakukan untuk memahami masalah yang ingin diatasi dalam permukiman. Masalah tersebut dapat meliputi kepadatan penduduk yang tinggi, kurangnya fasilitas umum, atau kurangnya aksesibilitas terhadap area penting. Identifikasi masalah ini akan membantu dalam menentukan fitur atau fungsionalitas yang diperlukan dalam sistem.

b. Identifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional: Kebutuhan fungsional adalah fitur atau fungsionalitas yang diperlukan dalam sistem untuk memenuhi kebutuhan pengguna. Kebutuhan non-fungsional adalah persyaratan yang tidak berkaitan dengan fitur atau fungsionalitas tetapi berkaitan dengan performa dan kinerja sistem, seperti keamanan dan keandalan. Identifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional dilakukan melalui wawancara, analisis dokumen, dan observasi lapangan.

c. Prioritas kebutuhan: Setelah kebutuhan fungsional dan non-fungsional diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah melakukan prioritas kebutuhan. Prioritas kebutuhan dilakukan untuk menentukan kebutuhan mana yang paling penting dan harus dipenuhi terlebih dahulu. Prioritas kebutuhan dapat dilakukan dengan menggunakan matriks prioritas atau metode lain yang sesuai.

d. Pemilihan teknologi: Pemilihan teknologi dilakukan untuk memilih teknologi yang tepat untuk memenuhi kebutuhan pengguna. Pemilihan teknologi dapat dilakukan dengan mempertimbangkan aspek seperti biaya, keamanan, keandalan, dan kecepatan.

Desain Sistem Informasi

Desain sistem informasi geografis yang akan dikembangkan untuk "Analisis Spasial Permukiman Berbasis Sistem Informasi Geografis menggunakan QGIS dan OpenStreetMap" terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

a. Basis Data Geografis: Basis data geografis merupakan kumpulan data spasial yang digunakan sebagai dasar dalam analisis spasial permukiman. Basis data geografis akan mencakup data jalan, bangunan, sungai, dan fasilitas umum lainnya yang relevan dengan permukiman yang akan dianalisis.

b. OpenStreetMap (OSM): OSM merupakan sumber data terbuka yang digunakan dalam desain sistem informasi geografis. OSM akan digunakan untuk memperoleh data geografis yang diperlukan dalam analisis spasial permukiman.

c. QGIS: QGIS merupakan software sistem informasi geografis yang akan digunakan dalam proses pengolahan data geografis dan analisis spasial. QGIS akan digunakan untuk mengimpor data geografis dari OSM dan database lokal, serta melakukan pemrosesan data dan analisis spasial.

d. Python: Python merupakan bahasa pemrograman yang akan digunakan untuk mengembangkan plugin dan script dalam QGIS. Python akan digunakan untuk mengembangkan plugin dan script yang digunakan dalam analisis spasial permukiman, seperti pengolahan data, pembuatan grafik, dan analisis statistik.

e. Web GIS: Web GIS akan digunakan sebagai antarmuka pengguna untuk sistem informasi geografis yang akan dikembangkan. Web GIS akan memungkinkan pengguna untuk mengakses informasi spasial dari permukiman yang dianalisis melalui browser web, serta melakukan analisis spasial melalui antarmuka yang disediakan.

Desain sistem informasi geografis ini akan memungkinkan pengguna untuk melakukan analisis spasial permukiman dengan menggunakan data geografis yang akurat dan *up to date* dari OSM. Selain itu, sistem informasi geografis ini akan memberikan hasil analisis spasial yang lebih akurat dan mudah dimengerti melalui antarmuka pengguna yang interaktif dan intuitif.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN/DISKUSI

Hasil Sistem informasi geografis yang akan dikembangkan dalam penelitian ini akan memiliki fitur-fitur berikut:

a. Visualisasi data geografis: Sistem informasi geografis akan memungkinkan pengguna untuk mengimpor data geografis dari OpenStreetMap dan database lokal, serta memvisualisasikan data geografis dalam bentuk peta.

b. Analisis spasial permukiman: Sistem informasi geografis akan memungkinkan pengguna untuk melakukan analisis spasial permukiman menggunakan algoritma dan metode yang tersedia dalam software QGIS. Analisis yang

dapat dilakukan antara lain adalah analisis kepadatan permukiman, analisis jarak, dan analisis zona rawan bencana.

c. Pembuatan grafik dan tabel: Sistem informasi geografis akan memungkinkan pengguna untuk membuat grafik dan tabel yang menjelaskan hasil dari analisis spasial yang telah dilakukan.

d. Antarmuka pengguna web-based: Sistem informasi geografis akan memiliki antarmuka pengguna web-based yang mudah digunakan dan interaktif. Antarmuka pengguna ini akan memungkinkan pengguna untuk mengakses sistem informasi geografis dari berbagai perangkat dan melakukan analisis spasial permukiman secara online.

Sistem informasi geografis yang akan dikembangkan ini akan membantu para pemangku kepentingan seperti pemerintah, lembaga swadaya masyarakat, dan masyarakat umum untuk memahami kondisi permukiman di wilayah tertentu dengan lebih baik. Dengan menggunakan sistem informasi geografis ini, para pemangku kepentingan dapat mengambil keputusan yang lebih tepat dan efektif dalam perencanaan dan pengembangan permukiman di wilayah yang mereka tangani.

Interface Sistem Informasi

Beberapa fitur dan komponen yang ada dalam antarmuka pengguna sistem informasi geografis yang akan dikembangkan dalam penelitian.

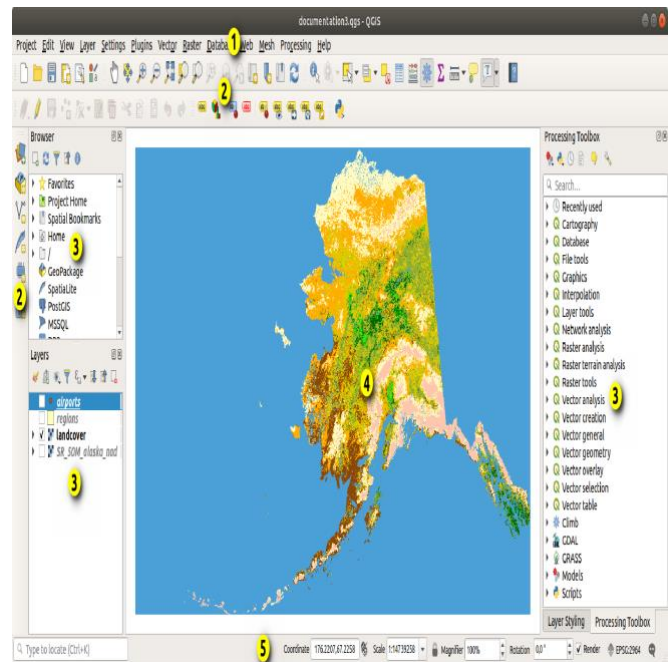
a. Peta: Antarmuka pengguna sistem informasi geografis akan menampilkan peta wilayah yang sedang dianalisis, dengan layer-layer data geografis yang terpisah dan dapat diatur. Pengguna dapat memilih layer-layer yang ingin ditampilkan pada peta.

b. Tombol Analisis: Antarmuka pengguna sistem informasi geografis akan memiliki tombol-tombol analisis yang dapat diklik oleh pengguna untuk melakukan analisis spasial tertentu seperti analisis jarak atau analisis zona rawan bencana.

c. Grafik dan Tabel: Hasil dari analisis spasial yang telah dilakukan akan ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel. Pengguna dapat memilih jenis grafik atau tabel yang ingin dilihat.

d. Pencarian: Antarmuka pengguna sistem informasi geografis akan memiliki fitur pencarian untuk memudahkan pengguna dalam menemukan wilayah atau lokasi tertentu pada peta.

e. Pengaturan: Antarmuka pengguna sistem informasi geografis akan memiliki fitur pengaturan yang memungkinkan pengguna untuk mengatur tampilan peta dan layer-layer data geografis.



Gambar 1. Tampilan Interface pada Software QGIS, (1) Menunjukkan Menu Bar, (2) Toolbars, (3) Panels, (4) Map View, dan (5) Status Bar

Pengujian Sistem

Pengujian sistem yang dapat dilakukan untuk memastikan keandalan dan kinerja sistem informasi geografis yang dibangun dalam penelitian:

a. Pengujian Fungsionalitas: Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa semua fungsi dalam sistem informasi geografis berjalan dengan benar. Hal ini meliputi pengujian kemampuan sistem untuk menampilkan layer-layer data geografis, melakukan analisis spasial, dan menampilkan hasil analisis dalam bentuk grafik dan tabel.

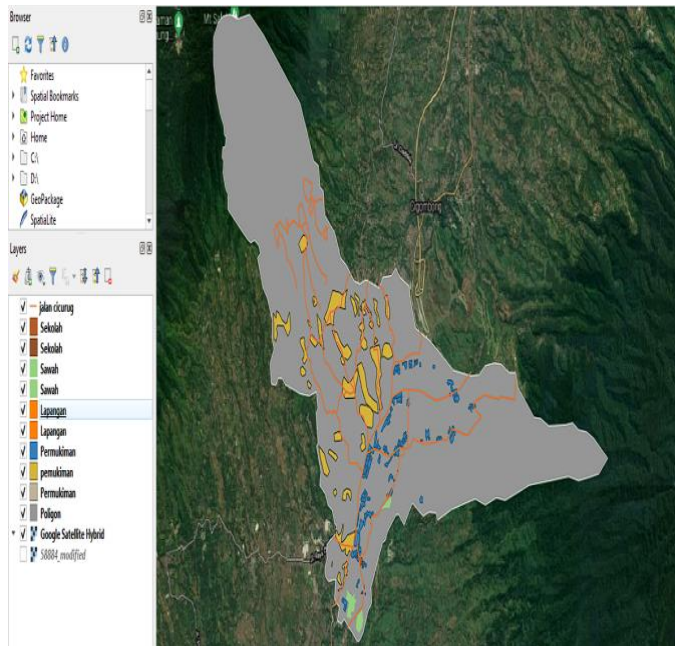
b. Pengujian Integrasi: Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa sistem informasi geografis dapat terintegrasi dengan aplikasi atau sistem lain yang mungkin digunakan dalam organisasi atau lembaga yang terlibat dalam penelitian. Hal ini meliputi pengujian kemampuan sistem untuk mengimpor dan mengeksport data ke aplikasi lain, serta memastikan konsistensi data antara aplikasi.

c. Pengujian Kinerja: Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa sistem informasi geografis dapat menangani beban kerja tertentu dan memberikan kinerja yang baik dalam pengolahan data dan analisis spasial. Hal ini meliputi pengujian kemampuan sistem untuk memproses data yang kompleks, menampilkan data dalam waktu yang cepat, dan menangani permintaan pengguna yang banyak.

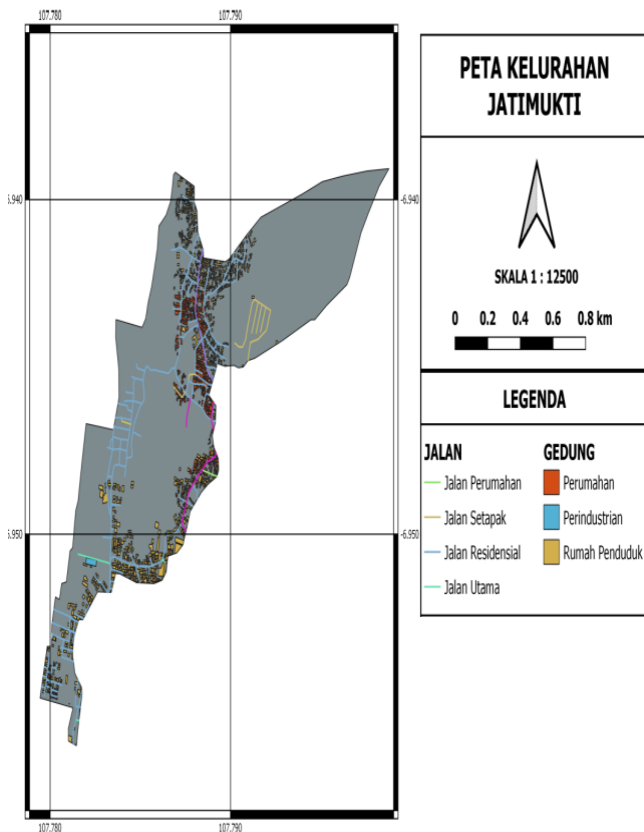
d. Pengujian Keamanan: Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa sistem informasi geografis aman dari ancaman keamanan seperti hacking, pencurian data, dan serangan virus. Hal ini meliputi pengujian kemampuan sistem untuk melindungi data pengguna, mencegah akses tidak sah, dan membatasi akses pengguna terhadap data sensitif.

Pengujian sistem informasi geografis harus dilakukan secara sistematis dan terstruktur untuk memastikan bahwa sistem berjalan dengan benar dan memenuhi kebutuhan

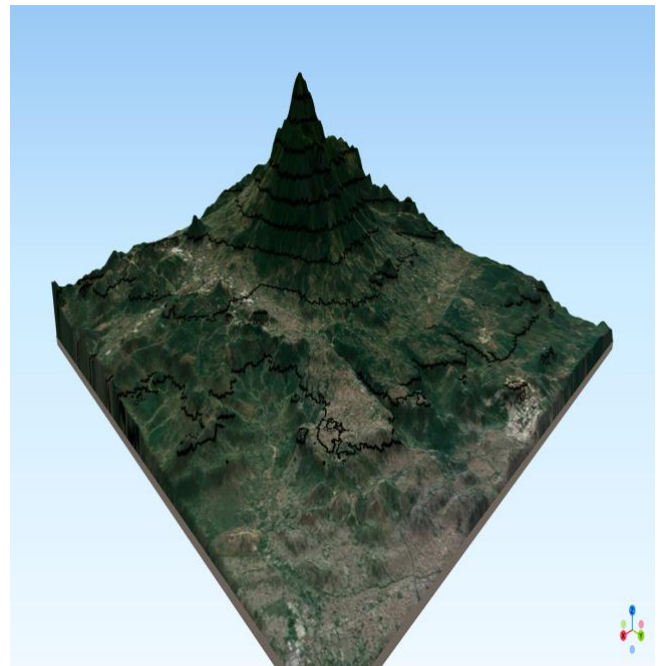
pengguna. Hasil pengujian harus dicatat dengan baik dan dianalisis untuk menentukan apakah perbaikan atau penyesuaian diperlukan sebelum sistem diterapkan secara penuh.



Gambar 2. Hasil Uji Fungsionalitas dengan Menambahkan Berbagai Macam Layer ke Map View



Gambar 3. Hasil Uji Integrasi antara QGIS dengan Data OpenStreetMap



Gambar 4. Hasil Uji Kinerja dengan Mencoba 3D Rendering pada QGIS.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem informasi geografis yang dapat digunakan untuk menganalisis dan memetakan permukiman dengan menggunakan perangkat lunak QGIS dan data OpenStreetMap. Dari latar belakang dan rumusan masalah, penelitian ini penting untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang permukiman dan hubungannya dengan faktor lingkungan, sosial, dan ekonomi di suatu wilayah. Dengan memanfaatkan teknologi SIG, hasil analisis dapat disajikan secara visual dan lebih mudah dipahami oleh masyarakat umum, pengambil kebijakan, dan peneliti. Melalui pengembangan sistem informasi geografis yang terintegrasi dengan QGIS dan OpenStreetMap, penelitian ini dapat memberikan manfaat signifikan dalam pengambilan keputusan dan perencanaan wilayah yang lebih baik, terutama dalam hal pengembangan infrastruktur dan peningkatan kualitas hidup di daerah permukiman.

REFERENSI

- [1] Darmawan, D., Herdiana, D. Y., & Yulianto, D. (2020). Spatial analysis of housing areas based on Geographic Information System (GIS) in urban areas: A case study in Banda Aceh City, Indonesia. *International Journal of Scientific and Technology Research*.18(2), 80-89
- [2] Hasan, M., & Mehtab, M. A. (2021). Analysis of the spatial distribution and characteristics of informal settlements in Dhaka city using QGIS and Google Earth. *Sustainable Cities and Society*.
- [3] Faiz, A. (2022). Data Openstreetmap Untuk Memetakan Aksesibilitas Spasial dan Jangkauan Pelayanan Dasar Pendidikan dan Kesehatan di Kota Semarang. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, 20(1), 79-96.

- [4] Bwambale, A., Andama, E., & Oola, B. (2019). Mapping and analyzing the spatial distribution of settlements using GIS and remote sensing: A case study of Gulu Municipality, Northern Uganda. *Journal of Geography and Earth Sciences*, 25(5), 254-260.
- [5] Rery Novio, Sri Mariya, Bayu Wijayanto (2020), The spatial pattern analysis of settlements area in Batusangkar City Tanah Datar Regency. *Jurnal Pendidikan Geografi: Kajian, Teori, dan Praktik dalam Bidang Pendidikan dan Ilmu Geografi*, 25(1), 80-87
- [6] Amir Murtadha, Noer Fadhly, Muhammad Rusdi (2023), Urban Spatial Patterns of Banda Aceh Using a Shannon Entropy Method, *Aceh International Journal of Science and Technology*, 12(2), 231-238.
- [7] Romi Satria, (2020), Spatial Analysis Of Traffic Accidents Using GIS. The Case Of Banda Aceh, Indonesia, Doctoral Thesis Universidad Politecnica De Madrid.
- [8] Arif arizal, m. Mahaputra hidayat, dwi budi marwanto (2020), Geographic information system mapping of housing locations using web-based breadth first search algorithm. *Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 5(2), 845-864.
- [9] Rizki, M., Suharno, S., & Adi, S. W. (2018). Spatial analysis of settlement patterns based on Geographic Information System (GIS) in urban areas: A case study in Surakarta City, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.
- [10] Mahardy, A. I. (2014). Analisis dan pemetaan daerah rawan banjir di Kota Makassar berbasis spatial. Skripsi, Teknik Sipil Universitas Hassanudin.