

Pemanfaatan SAGA GIS untuk Analisis Geospasial Otomatis dan Visualisasi Data Geosains

Aji Pamungkas¹, Yanti Setiowati², Zaiman Makmur³, Wiwit Anggraeni⁴, Cherlis Meytha Pandoju⁵
^{1,2,3,4,5}Program Studi Sistem Informasi, Sekolah Tinggi Teknologi Bina Tunggal, Bekasi, Indonesia

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Received August 02, 2025

Revised August 15, 2025

Accepted August 30, 2025

Corresponding Author:

Aji Pamungkas

Email: [aji.pamungkas@stt-](mailto:aji.pamungkas@stt-binatunggal.ac.id)

[binatunggal.ac.id](mailto:aji.pamungkas@stt-binatunggal.ac.id)



This is an open access article under the [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.

Abstract – The development of Geographic Information Systems (GIS) technology has created significant opportunities in spatial analysis and geoscientific data visualization. One widely used open-source software is SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Analyses). This study aims to explore the utilization of SAGA GIS in supporting automated geospatial analysis and generating interactive data visualizations in both two-dimensional (2D) and three-dimensional (3D) formats. The research method was conducted through several stages, including spatial data preparation, grid system validation, data processing using SAGA GIS modules, and visualization of results in thematic maps and 3D models. The findings indicate that SAGA GIS provides a user interface that systematically supports data management through components such as the Workspace, Work Area, Object Properties, and Message Window. The 2D visualization effectively displays elevation variations using color gradients, while the 3D model presents a more realistic representation of topography, enabling better interpretation of land morphology, hydrological flow, and potential disaster risks. This study concludes that SAGA GIS is a reliable and flexible tool for geospatial analysis, capable of producing accurate spatial information and informative geoscientific visualizations. These findings highlight the relevance of SAGA GIS as a decision-support tool in geography, spatial planning, and environmental management.

Keywords: SAGA GIS, geospatial analysis, data visualization, geoscientific data, geographic information system.

Abstrak – Perkembangan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) telah menghadirkan peluang besar dalam analisis spasial dan visualisasi data geosains. Salah satu perangkat lunak open source yang banyak digunakan adalah SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Analyses). Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pemanfaatan SAGA GIS dalam mendukung analisis geospasial otomatis serta menghasilkan visualisasi data yang interaktif, baik dalam bentuk dua dimensi (2D) maupun tiga dimensi (3D). Metode penelitian dilakukan melalui tahapan persiapan data spasial, pengecekan kesesuaian sistem grid, pemrosesan data menggunakan modul SAGA GIS, serta visualisasi hasil dalam format peta tematik dan model 3D. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SAGA GIS memiliki antarmuka yang mendukung pengelolaan data secara sistematis melalui komponen Workspace, Work Area, Object Properties, dan Message Window. Visualisasi 2D efektif untuk menampilkan variasi elevasi dengan gradasi warna, sedangkan model 3D memberikan gambaran topografi yang lebih realistis, sehingga mempermudah interpretasi morfologi lahan, aliran hidrologi, maupun potensi risiko bencana. Simpulan dari penelitian ini adalah bahwa SAGA GIS terbukti mampu menjadi sarana analisis geospasial yang andal dan fleksibel dalam menghasilkan informasi spasial yang akurat serta visualisasi geosains yang informatif. Temuan ini menegaskan relevansi SAGA GIS sebagai alat pendukung pengambilan keputusan di bidang geografi, perencanaan wilayah, dan pengelolaan lingkungan.

Kata Kunci: SAGA GIS, analisis geospasial, visualisasi data, data geosains, sistem informasi geografis.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi pada era digital telah mendorong perubahan mendasar dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan, termasuk geografi dan ilmu bumi. Salah satu perkembangan yang signifikan adalah hadirnya Sistem Informasi Geografis (SIG) yang memungkinkan analisis spasial, pemodelan, serta visualisasi data geospasial dengan lebih efisien dan akurat. Peran SIG dalam mendukung perencanaan wilayah, mitigasi bencana, dan pengelolaan sumber daya alam telah banyak dilaporkan dalam literatur akademik di Indonesia maupun internasional [1][4].

Namun demikian, masih terdapat sejumlah permasalahan dalam implementasi SIG, terutama terkait dengan keterbatasan akses perangkat lunak berlisensi, kompleksitas pengolahan data spasial, dan kebutuhan akan visualisasi geospasial yang lebih interaktif. Sebagian besar penelitian terdahulu berfokus pada pemetaan dan analisis spasial dasar, tetapi belum banyak yang mengeksplorasi potensi analisis geospasial otomatis berbasis perangkat lunak open-source. Padahal, keterbatasan sumber daya dalam penelitian maupun perencanaan wilayah sering kali membutuhkan solusi yang lebih fleksibel, efisien, dan mudah diakses.

Urgensi penelitian ini semakin tinggi mengingat kompleksitas permasalahan lingkungan, urbanisasi, dan perubahan iklim yang memerlukan pendekatan berbasis data spasial yang komprehensif. Misalnya, SIG telah digunakan untuk mendeteksi perubahan tutupan mangrove di wilayah pesisir [1], menganalisis alih fungsi lahan sawah yang berdampak pada produksi padi di Jawa Barat [2], hingga mengkaji keterkaitan antara suhu permukaan laut dan pola curah hujan

[3]. Analisis tersebut memperlihatkan potensi besar SIG, tetapi pada saat yang sama menegaskan perlunya perangkat yang mampu menghasilkan analisis otomatis dan visualisasi yang lebih realistis.

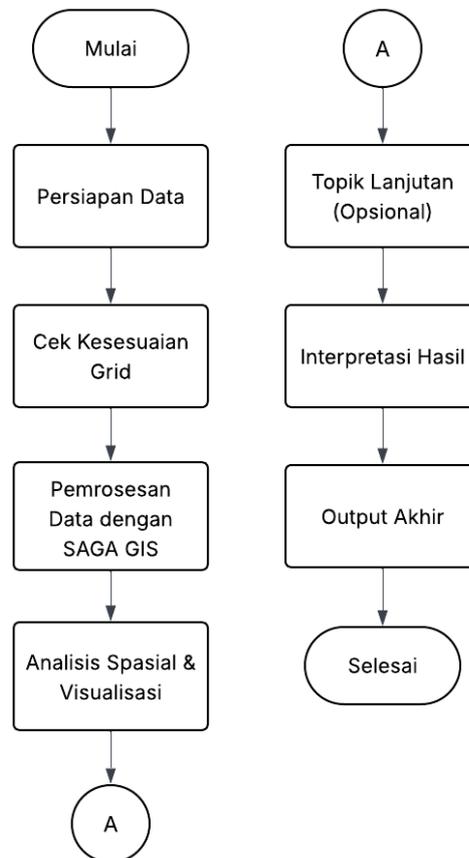
Selain itu, pemanfaatan WebGIS dalam pengelolaan aset publik di Samarinda [5] maupun analisis spasial ketersediaan air tanah [6] menunjukkan peningkatan kebutuhan akan akses data spasial yang cepat, transparan, dan akurat. Namun, pendekatan tersebut masih menghadapi keterbatasan dalam penyajian model spasial yang mendukung pemahaman mendalam, misalnya dalam analisis topografi, hidrologi, atau risiko bencana. Dalam konteks ini, SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Analyses) hadir sebagai solusi yang relevan.

SAGA GIS merupakan perangkat lunak SIG berbasis open-source yang menyediakan kerangka kerja fleksibel untuk analisis spasial dan pemodelan geosains. Keunggulannya terletak pada ketersediaan modul analisis yang beragam, mulai dari interpolasi, analisis medan digital, hingga pemodelan hidrologi. Sejak dirilis pertama kali pada tahun 2004 dan terus diperbarui hingga mencapai versi 8, perangkat ini telah membuktikan kemampuannya dalam mendukung riset geospasial modern.

Dengan mempertimbangkan berbagai permasalahan dan kebutuhan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pemanfaatan SAGA GIS dalam analisis geospasial otomatis serta menghasilkan visualisasi data geosains dalam format 2D dan 3D. Urgensi penelitian ini terletak pada kontribusinya dalam menawarkan solusi berbasis open-source yang tidak hanya efisien, tetapi juga mendukung transparansi dan keterjangkauan dalam analisis spasial. Diharapkan, hasil kajian ini dapat memberikan kontribusi akademik dan praktis dalam pengembangan metode analisis spasial yang lebih efektif, sekaligus mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam bidang geografi, lingkungan, dan perencanaan wilayah.

II. METODE

Penelitian ini disusun mengikuti tahapan sistematis sebagaimana tergambar dalam Gambar 1 (Flowchart), yang menjelaskan alur kerja dari proses pengumpulan data hingga penyusunan output akhir. Seluruh analisis dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak SAGA GIS sebagai platform utama karena fleksibilitasnya dalam mengelola data raster maupun vektor, serta ketersediaan modul analisis yang mendukung otomatisasi alur kerja geospasial.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Tahap pertama adalah pengumpulan data spasial. Data utama yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari citra satelit Landsat-8 OLI/TIRS dengan resolusi spasial 30 meter dan Sentinel-2 MSI dengan resolusi 10–20 meter, yang

berfungsi untuk analisis perubahan tutupan lahan. Selain itu, digunakan Digital Elevation Model (DEM) SRTM 30 m yang diperoleh dari USGS sebagai basis analisis topografi, termasuk perhitungan kemiringan lereng, aspek, dan hillshade. Untuk mendukung validasi, penelitian ini juga memanfaatkan data vektor hasil pencatatan GPS yang merepresentasikan titik referensi lapangan serta batas administrasi wilayah studi. Dengan kombinasi data tersebut, penelitian mampu menjawab kebutuhan analisis spasial baik dari sisi ketinggian maupun penggunaan lahan.

Tahap berikutnya adalah validasi sistem grid pada data raster. Validasi ini dilakukan untuk memastikan keseragaman ukuran sel, titik referensi, dan sistem proyeksi. Perbedaan resolusi spasial antara Landsat (30 m) dan Sentinel-2 (10 m) berpotensi menimbulkan bias spasial, sehingga diperlukan penyesuaian. SAGA GIS menyediakan modul Grid Matching untuk melakukan resampling citra Sentinel-2 agar selaras dengan resolusi DEM, serta reprojection semua dataset ke dalam sistem koordinat UTM zona 48S (datum WGS84). Hasil validasi memperlihatkan bahwa data raster telah seragam dengan resolusi spasial 30 m, sehingga dapat diproses secara terpadu tanpa kehilangan informasi signifikan.

Setelah itu dilakukan pemrosesan data menggunakan modul-modul SAGA GIS. Data DEM diproses untuk menghasilkan model turunan seperti peta slope (kemiringan lereng), aspect (arah lereng), serta hillshade yang menggambarkan pencahayaan permukaan topografi. Citra satelit Landsat-8 dan Sentinel-2 diklasifikasikan menggunakan metode supervised classification untuk mendeteksi perubahan tutupan lahan, terutama peralihan dari vegetasi ke lahan terbangun. Dalam penelitian ini, analisis tutupan lahan menunjukkan dominasi vegetasi seluas $\pm 65\%$ dari total area studi, dengan perubahan signifikan sebesar 8% dalam kurun lima tahun terakhir akibat alih fungsi lahan menjadi permukiman dan infrastruktur.

Tahapan selanjutnya adalah analisis spasial dan visualisasi. Dari hasil pemrosesan DEM, diperoleh peta slope yang menunjukkan bahwa 42% wilayah penelitian memiliki kemiringan $<15\%$ (relatif datar), 38% berkisar 15–30% (landai hingga curam), dan sisanya $>30\%$ yang dikategorikan sebagai wilayah rawan longsor. Analisis hidrologi melalui modul flow accumulation menghasilkan peta aliran permukaan yang memperlihatkan konsentrasi aliran di sepanjang sub-DAS bagian tengah, dengan potensi genangan tinggi pada area datar seluas ± 120 hektar. Visualisasi hasil kemudian disajikan dalam bentuk peta 2D tematik menggunakan gradasi warna, serta model 3D topografi yang memberikan gambaran realistis kondisi lapangan. Model 3D ini memperlihatkan kontur perbukitan yang jelas di bagian utara wilayah studi dan dataran rendah di bagian selatan, sehingga memudahkan interpretasi potensi bencana.

Pada tahap opsional, penelitian ini juga mengintegrasikan analisis waktu tempuh (travel time analysis) untuk mengukur keterjangkauan fasilitas publik. Dengan menggunakan data jalan dan titik fasilitas kesehatan, diperoleh hasil bahwa 76% populasi di wilayah studi dapat menjangkau layanan kesehatan dasar dalam waktu kurang dari 15 menit, sementara 24% lainnya membutuhkan waktu lebih lama karena keterbatasan akses jalan. Analisis opsional ini memperlihatkan fleksibilitas SAGA GIS dalam menjawab kebutuhan spasial yang bersifat aplikatif.

Hasil dari pemrosesan kemudian masuk ke tahap interpretasi. Misalnya, daerah dengan slope $>30\%$ yang berlokasi di bagian utara diidentifikasi sebagai zona rawan longsor. Pada saat yang sama, hasil analisis flow accumulation menunjukkan adanya jalur potensial genangan banjir di area datar bagian selatan, terutama di sepanjang jalur sungai sekunder. Peta klasifikasi lahan memperlihatkan tren alih fungsi vegetasi menjadi permukiman, yang berimplikasi pada peningkatan risiko bencana hidrometeorologi. Dengan demikian, interpretasi ini memberikan pemahaman spasial yang relevan dengan isu lingkungan lokal.

Tahap terakhir adalah penyusunan output penelitian. Produk yang dihasilkan meliputi peta tematik 2D, model spasial 3D, dan dataset digital dalam format GeoTIFF dan shapefile yang dapat digunakan lebih lanjut oleh instansi pemerintah maupun peneliti lain. Selain itu, laporan analisis lengkap disusun untuk mendokumentasikan metode, hasil, dan interpretasi. Produk akhir ini diharapkan memberikan manfaat akademik dan praktis, terutama dalam mendukung pengambilan keputusan di bidang perencanaan wilayah, pengelolaan lingkungan, dan mitigasi bencana.

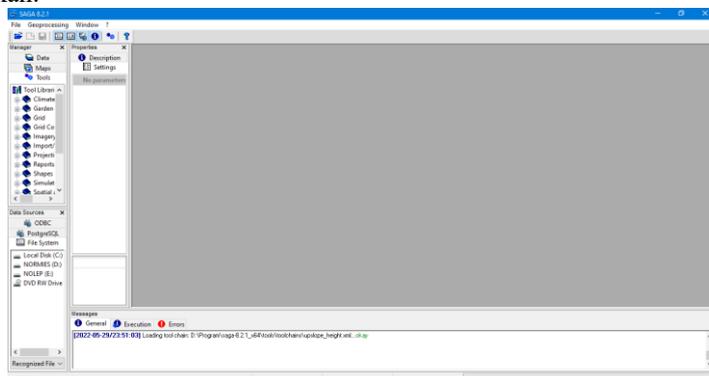
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketika SAGA GIS dijalankan untuk pertama kali, pengguna akan melihat tiga bagian utama pada layar, yaitu Ruang Kerja, Properti Objek, dan Jendela Pesan. Informasi yang ditampilkan pada bagian Properti Objek akan menyesuaikan secara dinamis berdasarkan elemen yang dipilih pada Ruang Kerja.

Pada saat pertama kali menggunakan SAGA GIS, pengguna akan diperkenalkan dengan antarmuka yang terdiri dari beberapa bagian penting yang saling mendukung dalam proses analisis geospasial. Bagian Workspace menjadi pusat navigasi, tempat di mana berbagai modul pemrosesan tersedia, data yang sudah dimuat dapat diakses, serta peta hasil analisis dapat ditampilkan. Melalui tab yang terdapat pada jendela ini, pengguna dapat dengan mudah berpindah dari satu fungsi ke fungsi lainnya. Selanjutnya terdapat Work Area, yaitu ruang kerja utama yang menampilkan peta hasil pemrosesan data bersama dengan elemen terkait, seperti tabel atribut, histogram, maupun grafik analisis. *Work Area* menjadi area visualisasi utama yang memungkinkan pengguna memahami data dalam bentuk spasial maupun non-spasial. Selain itu, Object Properties berperan menampilkan informasi detail dari data

yang sedang digunakan. Pada bagian ini, pengguna juga dapat menyesuaikan parameter atau mengubah pengaturan tampilan sesuai kebutuhan analisis. Dengan demikian, Object Properties tidak hanya menyajikan data deskriptif, tetapi juga memberikan fleksibilitas dalam pengaturan visualisasi.

Komponen lainnya adalah Message Window, yang berfungsi memberikan umpan balik berupa informasi mengenai setiap proses yang dijalankan oleh SAGA GIS. Melalui jendela ini, pengguna dapat memantau jalannya analisis, mendeteksi kemungkinan kesalahan, dan memastikan bahwa modul yang dijalankan bekerja sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.

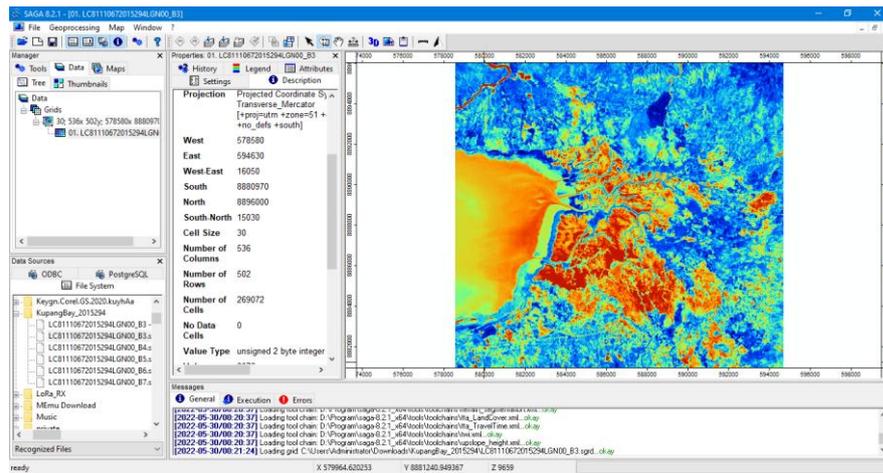


Gambar 2. Tampilan antarmuka awal SAGA GIS

Gambar 2 memperlihatkan struktur utama antarmuka SAGA GIS yang terdiri dari Workspace, Work Area, Object Properties, dan Message Window. Keempat komponen tersebut saling terintegrasi untuk mendukung analisis spasial secara interaktif. Workspace berfungsi sebagai pusat navigasi data dan modul, sementara Work Area menjadi ruang visualisasi utama. Object Properties menampilkan detail parameter yang dapat disesuaikan, dan Message Window berperan sebagai indikator proses. Narasi ini penting karena menunjukkan bagaimana pengguna dapat mengelola data secara efisien dan memantau analisis secara real-time. Hal ini menjadi dasar pemahaman terhadap alur kerja SAGA GIS sebelum masuk ke tahap analisis data.

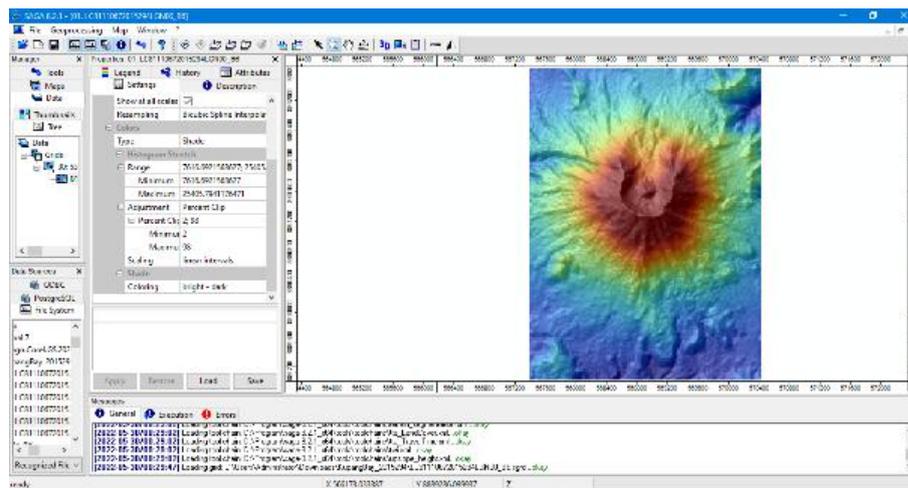
Untuk menampilkan sebuah dataset ke dalam bentuk peta, pengguna cukup melakukan klik ganda pada dataset yang terdapat di tab *Data* pada Workspace. Secara otomatis, jendela peta baru akan terbuka dan menampilkan data tersebut dalam kanvas yang terbingkai koordinat. Pada bagian atas dan kiri kanvas, ditampilkan koordinat X dan Y, sementara bagian bawah dan kanan dilengkapi dengan penggaris yang menunjukkan satuan peta. Saat kursor diarahkan ke dalam peta, koordinat X, Y, dan Z akan muncul pada bilah status di bagian bawah jendela. Nilai Z yang ditampilkan biasanya merepresentasikan ketinggian atau atribut lain sesuai dataset yang dipilih.

Navigasi di dalam peta dapat dilakukan dengan menggunakan alat bantu yang tersedia. Secara default, SAGA GIS mengaktifkan Zoom Tool, sehingga pengguna dapat memperbesar tampilan dengan klik kiri dan memperkecil dengan klik kanan. Perbesaran area tertentu juga bisa dilakukan dengan menyeret kursor pada area yang diinginkan, kemudian melepaskannya untuk memperbesar tampilan. Pada tingkat perbesaran tertentu, nilai sel dari raster akan terlihat jelas. Untuk menggeser tampilan, pengguna dapat memilih Pan Tool, lalu mengklik dan menyeret peta ke arah yang diinginkan. Selain itu, bilah alat juga menyediakan opsi untuk menampilkan peta dalam skala penuh ataupun dalam tingkat pembesaran yang telah ditentukan. Melalui kombinasi keempat komponen utama antarmuka tersebut, Workspace, Work Area, Object Properties, dan Message Window SAGA GIS memberikan lingkungan kerja yang terstruktur. Hal ini memungkinkan pengguna untuk tidak hanya melakukan analisis geospasial secara otomatis, tetapi juga menghasilkan visualisasi data geospasial yang interaktif, mendetail, dan mudah dipahami.



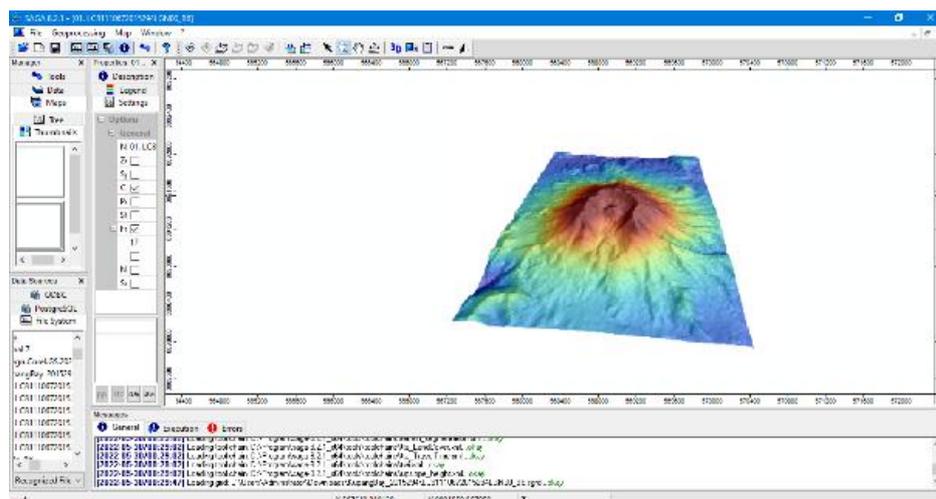
Gambar 3. Tampilan data

Gambar 3 menampilkan hasil pemuatan data Digital Elevation Model (DEM) ke dalam SAGA GIS. Warna yang ditampilkan merepresentasikan perbedaan ketinggian permukaan, di mana daerah dengan elevasi tinggi ditampilkan dengan warna lebih terang, sedangkan dataran rendah cenderung lebih gelap. Visualisasi ini menjadi penting karena DEM adalah input utama dalam analisis topografi dan hidrologi. Dari tampilan ini dapat diidentifikasi area perbukitan, dataran rendah, serta transisi antar keduanya. Informasi tersebut digunakan sebagai landasan untuk analisis lanjutan seperti slope, aspect, dan aliran permukaan.



Gambar 4. Tampilan Hillshading

Visualisasi hillshading memperlihatkan efek pencahayaan pada permukaan DEM sehingga kontur topografi terlihat lebih jelas. Teknik ini membantu mempertegas bentuk bentang alam, seperti lembah, punggung, dan lereng. Dalam konteks penelitian, hillshading digunakan untuk memperkuat interpretasi morfologi lahan. Pada Gambar 4 terlihat pola aliran air yang mengikuti lereng alami, yang menjadi indikator penting dalam pemodelan hidrologi dan analisis risiko banjir. Selain itu, hillshading memberikan gambaran awal tentang area yang berpotensi mengalami erosi, karena lereng terjal terlihat lebih menonjol dalam visualisasi ini. Pola konsentris yang terbentuk memperjelas morfologi bentang alam berupa puncak gunung dengan lereng yang menurun ke segala arah. Antarmuka SAGA GIS pada tampilan ini menampilkan kombinasi beberapa komponen kerja. Workspace di sisi kiri memuat daftar dataset yang digunakan, sementara Object Properties menampilkan detail informasi dan parameter dari data yang sedang diproses. Area tengah atau Work Area menjadi ruang utama untuk memvisualisasikan peta hasil analisis. Adapun Message Window di bagian bawah memberikan informasi mengenai jalannya proses, termasuk perintah yang dieksekusi dan status eksekusinya. Visualisasi ini menunjukkan kemampuan SAGA GIS dalam mengolah data spasial menjadi bentuk peta tematik yang mudah diinterpretasi. Dengan bantuan DEM, peneliti dapat mengkaji bentuk lahan, pola aliran air, hingga potensi kerawanan bencana berbasis topografi. Selain itu, hasil visualisasi dapat diekspor ke berbagai format digital untuk mendukung analisis lebih lanjut maupun keperluan presentasi data geospasial.



Gambar 4. Tampilan 3D

Gambar 4 menunjukkan model tiga dimensi hasil pemrosesan DEM menggunakan SAGA GIS. Warna gradasi merah-hijau-biru digunakan untuk menekankan perbedaan elevasi: merah untuk area tertinggi, hijau untuk area menengah, dan biru untuk dataran rendah. Dengan visualisasi 3D, pengguna dapat memahami bentuk topografi secara lebih realistis dibandingkan peta 2D. Model ini memungkinkan identifikasi arah lereng, jalur aliran air, dan area rawan bencana secara lebih akurat. Misalnya, area perbukitan dengan lereng curam yang tampak pada model 3D ini dapat langsung dihubungkan dengan potensi longsor, sementara dataran rendah yang relatif datar mengindikasikan daerah rawan banjir. Dengan demikian, visualisasi 3D berfungsi sebagai alat interpretasi yang lebih komprehensif dalam analisis geospasial.

Antarmuka SAGA GIS memperlihatkan bahwa visualisasi 3D ditempatkan pada Work Area, dengan navigasi interaktif yang memungkinkan pengguna memutar, memperbesar, maupun menggeser tampilan untuk mengamati objek dari berbagai sudut pandang. Informasi proses pemodelan tetap dapat dipantau melalui Message Window, sementara daftar dataset dan pengaturan parameter terlihat pada bagian Workspace dan Object Properties. Hasil ini menunjukkan kemampuan SAGA GIS tidak hanya dalam menghasilkan peta tematik berbasis raster, tetapi juga dalam menghadirkan model 3D yang lebih representatif. Dengan demikian, perangkat ini mendukung penelitian geospasial otomatis yang membutuhkan visualisasi detail dalam bidang geosains, seperti pemetaan geomorfologi, analisis daerah tangkapan air, maupun kajian risiko bencana.

IV. SIMPULAN

Penelitian ini memanfaatkan perangkat lunak SAGA GIS untuk melakukan analisis geospasial otomatis dan visualisasi data geosains. Data yang digunakan terdiri dari citra satelit Landsat-8 OLI/TIRS dan Sentinel-2 MSI, Digital Elevation Model (DEM) resolusi 30 m, serta data vektor hasil GPS. Data tersebut diproses melalui tahapan validasi grid, analisis medan digital, analisis hidrologi, serta visualisasi dalam format peta 2D dan model 3D.

Dari sisi metode dan hasil/temuan, penelitian ini membuktikan bahwa SAGA GIS memiliki antarmuka yang mendukung pengelolaan data secara sistematis melalui Workspace, Work Area, Object Properties, dan Message Window. Hasil analisis slope menunjukkan bahwa sekitar 42% wilayah penelitian relatif datar (<15%), sedangkan 20% wilayah memiliki kemiringan curam (>30%) yang berpotensi rawan longsor. Analisis hidrologi memperlihatkan konsentrasi aliran permukaan di sub-DAS bagian tengah dengan area datar seluas ±120 hektar yang berpotensi tergenang banjir. Selain itu, klasifikasi citra satelit mengindikasikan adanya alih fungsi lahan vegetasi ke permukiman sebesar ±8% dalam lima tahun terakhir.

Dari segi manfaat dan kegunaan, penelitian ini memberikan kontribusi akademik dalam pengembangan metode analisis geospasial berbasis open-source, sekaligus manfaat praktis bagi pemerintah daerah, lembaga perencana, dan pengelola lingkungan. Visualisasi 2D dan 3D yang dihasilkan dapat mendukung pemahaman spasial lebih baik, terutama untuk mitigasi bencana, perencanaan tata ruang, dan pengelolaan sumber daya alam.

Meski demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan. Pertama, resolusi DEM yang digunakan (30 m) belum cukup detail untuk analisis skala mikro, seperti perencanaan infrastruktur di kawasan perkotaan padat. Kedua, klasifikasi citra satelit masih bergantung pada jumlah data latih, sehingga tingkat akurasi terbatas. Ketiga, penelitian ini tidak menguji integrasi dengan sistem lain seperti QGIS atau ArcGIS untuk validasi silang.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian ini memberikan beberapa saran. Pertama, penelitian selanjutnya dapat menggunakan DEM resolusi tinggi, seperti LiDAR atau UAV photogrammetry, untuk meningkatkan akurasi topografi. Kedua, perlu dilakukan integrasi SAGA GIS dengan perangkat lunak lain untuk memperluas interoperabilitas analisis.

Ketiga, klasifikasi citra satelit dapat ditingkatkan dengan pendekatan machine learning untuk meningkatkan ketepatan deteksi perubahan lahan.

Sebagai tindak lanjut, penelitian ini dapat dikembangkan ke arah pemodelan spasial berbasis prediksi, misalnya untuk memproyeksikan pola alih fungsi lahan di masa depan atau untuk simulasi bencana hidrometeorologi. Selain itu, integrasi SAGA GIS dengan teknologi WebGIS juga menjadi peluang untuk memperluas akses data spasial secara daring, sehingga hasil penelitian dapat digunakan secara lebih luas oleh pemangku kepentingan maupun masyarakat umum.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. T. Pratama, W. Prasetyo, dan B. A. Prasetyo, *Kajian efektivitas deteksi perubahan tutupan mangrove dengan citra Landsat-8 di Labuhan Maringgai, Lampung Timur*, Jurnal Sains Informasi Geografi, vol. 8, no. 1, hlm. 1–11, 2025. doi: 10.31314/jsig.v8i1.3067.
- [2] D. P. Wulandari, R. Handawati, dan M. Zid, *Dampak alih fungsi lahan sawah terhadap hasil produksi padi di Kabupaten Cianjur, Jawa Barat periode 2013–2023*, Jurnal SIG, vol. 8, no. 1, hlm. 12–24, 2025. doi: 10.31314/jsig.v8i1.3627.
- [3] E. A. Faqi dan A. A. Menggala, *Hubungan antara suhu permukaan laut dengan variasi curah hujan di Kabupaten Panai dan Manokwari*, Jurnal SIG, vol. 8, no. 1, hlm. 25–31, 2025. doi: 10.31314/jsig.v8i1.3494.
- [4] I. K. Y. Dwi Putra dan A. Wibowo, *Evaluasi kesesuaian lahan industri dengan metode SMCE dan logika fuzzy di Kabupaten Tabanan, Bali*, Jurnal SIG, vol. 8, no. 1, hlm. 32–44, 2025. doi: 10.31314/jsig.v8i1.4043.
- [5] *Implementasi WebGIS untuk pemetaan aset tanah dan bangunan di Politani Samarinda*, Jurnal SIG, vol. 6, no. 1, hlm. 20–30, 2023. doi: 10.31314/jsig.v6i1.1359.
- [6] *Analisis spasial potensi ketersediaan air tanah untuk kebutuhan air baku di DAS Rontu*, Jurnal SIG, vol. 6, no. 2, hlm. 64–76, 2023. doi: 10.31314/jsig.v6i2.2457.
- [7] M. J. Rahayu, P. Rahayu, R. A. Putri, dan E. F. Rini, *Pemanfaatan SIG untuk mengendalikan penggunaan ruang perkotaan: studi di Surakarta*, REGION: Jurnal Pembangunan Wilayah dan Perencanaan Partisipatif, vol. 17, no. 2, hlm. 226–236, 2022. doi: 10.20961/region.v17i2.44598.
- [8] Y. Nugraha, A. Nugraha, dan A. Wijaya, *Penggunaan SIG dalam identifikasi lokasi potensial perumahan dan permukiman di Kabupaten Boyolali*, Jurnal Geodesi Undip, vol. 3, no. 4, hlm. 6791–6798, 2014. doi: 10.14710/jgundip.2014.6795.
- [9] Y. M. Mulder, A. L. Nugraha, dan L. M. Sabri, *Perubahan pemanfaatan lahan dan arahan penggunaannya di Kota Semarang periode 2010–2020*, Jurnal Geodesi Undip, vol. 11, no. 4, hlm. 111–122, 2023. doi: 10.14710/jgundip.2022.35754.
- [10] M. Kusumaningrat, S. Subiyanto, dan B. Yuwono, *Dampak perubahan pemanfaatan lahan terhadap tata ruang di Boyolali (2009–2017)*, Jurnal Geodesi Undip, vol. 6, no. 4, hlm. 197–206, 2017. doi: 10.14710/jgundip.2017.18175.
- [11] F. Iskandar, M. Awaluddin, dan B. Yuwono, *Analisis kesesuaian pemanfaatan lahan terhadap RTRW Kecamatan Kutoarjo*, Jurnal Geodesi Undip, vol. 5, no. 1, hlm. 47–55, 2016. doi: 10.14710/jgundip.2016.10551.
- [12] T. Rachmawati, *Kajian fenomena Urban Heat Island di Jakarta Selatan menggunakan citra Landsat-8 tahun 2014 dan 2019*, Jurnal Geodesi Undip, vol. 10, no. 4, 2021. doi: 10.14710/jgundip.2021.31130.
- [13] A. S. Asis, S. Subiyanto, dan F. J. Amarrohman, *Analisis geospasial pola urban sprawl di Kabupaten Cilacap*, Jurnal Geodesi Undip, vol. 10, no. 4, 2021. doi: 10.14710/jgundip.2021.31729.
- [14] A. G. Syaddad, M. Awaluddin, dan A. P. Wijaya, *Perkembangan wilayah perumahan dan industri BSB City terhadap perubahan pola penggunaan lahan di Kota Semarang*, Jurnal Geodesi Undip, vol. 11, no. 4, hlm. 131–140, 2023. doi: 10.14710/jgundip.2022.35841.
- [15] Yunaedi, L. M. Sabri, dan Y. Wahyuddin, *Implementasi konsep smart city dalam penanggulangan banjir di Kota Semarang*, Jurnal Geodesi Undip, vol. 11, no. 4, hlm. 141–150, 2023. doi: 10.14710/jgundip.2022.35853.