



Pemantauan Perubahan Tutupan Lahan di Area Pertambangan Menggunakan Algoritma *Random Forest* Berbasis WebGIS

Esda Dwitri^{1*}, Winsy Ch. D. Weku², Eric Alfonsius³

^{1,2,3} Program Studi Sistem Informasi, Universitas Sam Ratulangi, Indonesia

Informasi Artikel

Sejarah Artikel:
 Submit: 13 Maret 2026
 Revisi: 29 Maret 2026
 Diterima: 30 Maret 2026
 Diterbitkan: 31 Maret 2026

Kata Kunci

Qgis2web, Aplikasi Web, Sistem Informasi Geografis, Visualisasi Interaktif, Black-Box Testing

Korespondensi

E-mail1 : esdadwitri106@student.unsrat.ac.id

A B S T R A C T

The mining area of PT Vale Sorowako, particularly the Lamangka and Patea regions, exhibits significant land cover changes due to ongoing mining activities. Therefore, an interactive visualization platform is required to support more effective environmental monitoring. This study aims to develop a web-based WebGIS application capable of visualizing land cover changes interactively. The system utilizes satellite image classification results generated using the Random Forest algorithm, which demonstrates excellent performance with an overall accuracy of 96.76% and a Kappa coefficient of 0.95. These classification results are then integrated into the WebGIS platform as the basis for spatial information visualization. Map visualization is carried out using the qgis2web plugin, while the web application is developed using PHP, HTML, CSS, and JavaScript, with the support of the Leaflet library for displaying interactive maps. System testing is conducted using the Black Box Testing method to ensure that all system features function as intended. The results indicate that the developed WebGIS application is capable of presenting thematic maps and spatial information in a responsive and informative manner, thereby supporting more effective monitoring of land cover changes in mining areas

Abstrak

Area pertambangan PT Vale Sorowako, khususnya wilayah Lamangka dan Patea, menunjukkan dinamika perubahan tutupan lahan yang signifikan akibat aktivitas pertambangan yang berlangsung secara berkelanjutan. Oleh karena itu, diperlukan media visualisasi yang interaktif untuk mendukung pemantauan kondisi lingkungan secara lebih efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi WebGIS berbasis website yang mampu memvisualisasikan perubahan tutupan lahan secara interaktif. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan hasil klasifikasi citra satelit menggunakan algoritma *Random Forest*, yang menunjukkan performa sangat baik dengan nilai *overall accuracy* sebesar 96,76% dan koefisien kappa sebesar 0,95. Hasil klasifikasi tersebut kemudian diintegrasikan ke dalam platform WebGIS sebagai dasar penyajian informasi spasial. Proses visualisasi peta dilakukan menggunakan plugin *qgis2web*, sedangkan pengembangan aplikasi web diimplementasikan menggunakan teknologi PHP, HTML, CSS, dan *JavaScript* dengan dukungan pustaka pemetaan *Leaflet* untuk menampilkan peta interaktif. Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing* untuk memastikan seluruh fitur sistem berjalan sesuai dengan fungsi yang dirancang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi WebGIS yang dikembangkan mampu menyajikan peta tematik dan informasi spasial secara responsif dan informatif, sehingga mendukung pemantauan perubahan tutupan lahan di wilayah pertambangan secara lebih efektif.

This is an open access article under the CC-BY-SA license



1. Pendahuluan

Kegiatan pertambangan merupakan salah satu sektor yang memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian nasional. Meskipun demikian, aktivitas pertambangan juga berpotensi menimbulkan berbagai dampak terhadap lingkungan, khususnya perubahan tutupan lahan. Perubahan tutupan lahan dapat terjadi akibat proses pembukaan lahan, eksploitasi sumber daya alam, hingga kegiatan reklamasi pascatambang yang berpotensi mengubah kondisi ekosistem secara signifikan. Dampak yang ditimbulkan antara lain berkurangnya vegetasi alami, perubahan struktur bentang alam, serta penurunan kualitas tanah dan air. Secara global, perubahan tutupan lahan telah diidentifikasi sebagai salah satu komponen utama perubahan lingkungan yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia [1]. Oleh karena itu, pemantauan perubahan tutupan lahan pada wilayah pertambangan menjadi penting untuk mendukung pengelolaan lingkungan, perencanaan reklamasi, serta pengambilan kebijakan yang berkelanjutan [2].

Salah satu wilayah pertambangan dengan aktivitas yang cukup intensif di Indonesia adalah kawasan PT Vale Indonesia yang berlokasi di Sorowako, Sulawesi Selatan. Kawasan ini merupakan salah satu area pertambangan nikel terbesar di Indonesia dengan luas wilayah sekitar 70.566 ha. Wilayah tersebut mencakup beberapa kategori penggunaan lahan, seperti area eksploitasi aktif, lahan pascatambang yang sedang direklamasi, serta lahan yang belum dimanfaatkan [3]. Aktivitas pertambangan yang berlangsung secara terus-menerus menyebabkan perubahan tutupan lahan yang terjadi secara temporal di wilayah tersebut. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu memantau sekaligus menyajikan informasi perubahan tutupan lahan secara jelas, akurat, dan mudah diakses oleh berbagai pemangku kepentingan.

Perkembangan teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) memberikan peluang untuk melakukan pemantauan tutupan lahan secara lebih efisien dan sistematis. Teknologi ini memanfaatkan citra satelit untuk mengamati kondisi permukaan bumi tanpa harus melakukan pengamatan langsung di lapangan [4]. Beberapa satelit yang umum digunakan dalam analisis tutupan lahan antara lain Landsat dan Sentinel-2 karena memiliki resolusi spasial yang memadai serta ketersediaan data yang relatif mudah diakses. Pemanfaatan citra satelit tersebut memungkinkan identifikasi perubahan tutupan lahan dilakukan secara luas dan berkala sehingga dapat mendukung analisis lingkungan secara lebih komprehensif.

Meskipun analisis citra satelit mampu menghasilkan informasi spasial mengenai kondisi tutupan lahan, hasil analisis tersebut umumnya masih disajikan dalam bentuk peta statis. Penyajian dalam bentuk peta statis memiliki keterbatasan dalam hal interaktivitas, eksplorasi data, serta aksesibilitas informasi, terutama ketika data perlu diakses oleh berbagai pihak dengan latar belakang yang berbeda. Kondisi ini menyebabkan informasi spasial yang dihasilkan dari proses analisis belum sepenuhnya dimanfaatkan secara optimal dalam proses pemantauan lingkungan maupun pengambilan keputusan.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi keterbatasan tersebut adalah melalui pengembangan *Web Geographic Information System (WebGIS)*. *WebGIS* merupakan sistem informasi geografis yang diimplementasikan melalui *platform* berbasis *web* sehingga memungkinkan data spasial disajikan secara interaktif dan dapat diakses melalui jaringan internet [5]. Melalui *WebGIS*, pengguna dapat menampilkan, mengeksplorasi, serta memahami informasi spasial secara langsung melalui antarmuka peta interaktif tanpa memerlukan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) khusus. Selain itu, teknologi *WebGIS* juga memungkinkan integrasi berbagai komponen visualisasi data, seperti layer peta, legenda, serta informasi atribut, sehingga informasi geografis dapat disajikan secara lebih informatif dan mudah dipahami oleh pengguna [6].

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemanfaatan *WebGIS* mampu meningkatkan efektivitas penyajian dan penyebaran informasi spasial. Yuliana dan Rizqiana [7] serta Afininnas dkk [8] menyatakan bahwa integrasi penginderaan jauh dan analisis spasial mampu

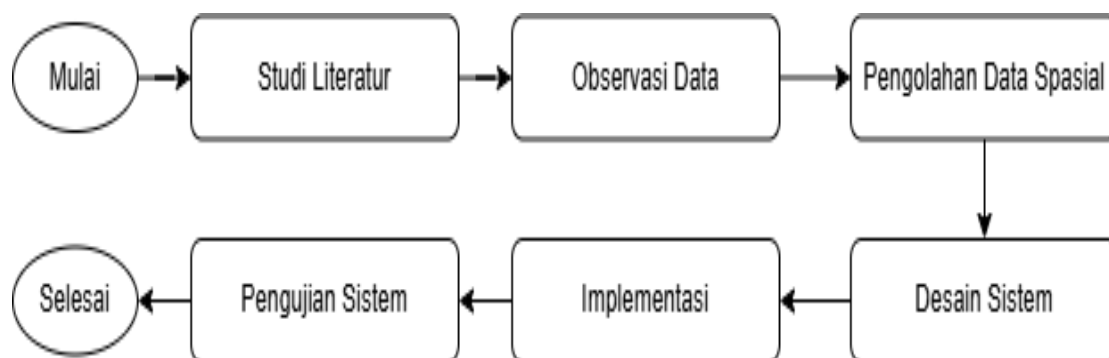
menghasilkan peta tematik yang mendukung perencanaan dan pengelolaan wilayah. Selain itu, Dayanti dkk [9] mengembangkan sistem visualisasi berbasis *WebGIS* menggunakan *QGIS* dan *plugin qgis2web* untuk menampilkan peta tutupan lahan secara interaktif melalui *website*, sehingga informasi spasial dapat diakses dengan lebih mudah. *Plugin qgis2web* memanfaatkan *library* seperti *Leaflet*, *Mapbox*, dan *OpenLayers* untuk menghasilkan peta *web* interaktif yang dapat ditampilkan melalui *browser* [10].

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih lebih menitikberatkan pada proses analisis atau klasifikasi citra satelit. Integrasi antara metode klasifikasi yang akurat dengan sistem visualisasi berbasis *web* yang interaktif, khususnya pada wilayah pertambangan, masih sangat terbatas dan belum banyak dikembangkan secara komprehensif. Selain itu, ketersediaan sistem yang mampu menyajikan informasi perubahan tutupan lahan secara temporal, interaktif, dan dapat diakses secara luas oleh berbagai pemangku kepentingan juga masih terbatas. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian (*research gap*) dalam pengembangan sistem yang terintegrasi antara analisis klasifikasi dan visualisasi berbasis *WebGIS* untuk monitoring lingkungan pertambangan.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini memiliki kontribusi utama berupa: (1) penerapan algoritma *Random Forest* pada citra multi-sumber (Landsat dan Sentinel-2) untuk menghasilkan klasifikasi tutupan lahan yang akurat pada wilayah pertambangan, serta (2) pengembangan sistem *WebGIS* interaktif yang terintegrasi untuk memvisualisasikan perubahan tutupan lahan secara temporal. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berfokus pada analisis klasifikasi, tetapi juga menghadirkan sistem monitoring berbasis *web* yang dapat digunakan sebagai alat pendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan lingkungan tambang secara berkelanjutan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang disusun secara sistematis dan berurutan untuk menghasilkan sistem visualisasi perubahan tutupan lahan berbasis *WebGIS* yang interaktif. Setiap tahapan dirancang untuk mendukung proses mulai dari pengumpulan data, pengolahan data spasial, hingga implementasi dan pengujian sistem berbasis *web*. Alur tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan menelaah berbagai sumber referensi yang relevan, seperti jurnal ilmiah, buku, dokumentasi resmi, serta sumber daring yang berkaitan dengan topik penelitian. Kegiatan ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai konsep perubahan tutupan lahan, metode klasifikasi citra satelit menggunakan algoritma machine learning, serta pengembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis *web*.

Selain itu, studi literatur juga mencakup kajian mengenai pemanfaatan citra satelit Landsat dan Sentinel-2 dalam analisis tutupan lahan menggunakan perangkat lunak QGIS. Kajian ini juga mempelajari proses integrasi data spasial ke dalam *platform WebGIS*, khususnya melalui penggunaan *plugin qgis2web*, yang memungkinkan peta hasil analisis ditampilkan secara interaktif pada halaman *web*. Melalui tahapan ini, diperoleh landasan konseptual dan teknis yang mendukung proses pengolahan data spasial serta pengembangan sistem visualisasi berbasis *WebGIS* dalam penelitian ini.

2.2. Observasi Data

Observasi data dalam penelitian ini dilakukan melalui pengumpulan dan eksplorasi data citra satelit yang digunakan sebagai sumber utama dalam analisis tutupan lahan. Data primer yang digunakan berupa citra satelit Landsat yang diperoleh dari portal *Earth Explorer* milik *United States Geological Survey (USGS)* dan citra Sentinel-2 yang diperoleh dari portal *Copernicus*.

Selain data primer, penelitian ini juga menggunakan data sekunder berupa literatur ilmiah, artikel jurnal, serta dokumen pendukung lainnya yang relevan dengan topik penelitian. Data tersebut digunakan untuk memperkuat landasan teoritis serta mendukung proses analisis dalam penelitian.

2.3. Pengolahan Data Spasial

2.3.1 Preprocessing

Sebelum dilakukan proses klasifikasi dan analisis lebih lanjut, citra satelit terlebih dahulu melalui beberapa tahap pre-processing untuk meningkatkan kualitas data dan menyesuaikan dengan wilayah penelitian. Tahapan yang dilakukan meliputi koreksi *radiometrik* dan *atmosfer*, pemotongan citra (*clipping*) sesuai dengan area penelitian, serta melakukan komposit band.

2.3.2 Pengambilan Sampel Data

Sampel data diperoleh melalui digitasi manual dalam bentuk poligon yang merepresentasikan kelas tutupan lahan. Sebanyak 70 *poligon* digunakan untuk setiap kelas, yang mencakup ribuan piksel sebagai data latih dan data uji.

2.3.3 Klasifikasi *Random Forest*

Klasifikasi dilakukan menggunakan algoritma *Random Forest* pada *platform Google Colab*. Pada tahap awal, dilakukan proses ekstraksi sampel data, yaitu pengambilan nilai piksel dari citra komposit berdasarkan lokasi *poligon* Sampel Data. Nilai yang diekstraksi meliputi seluruh band citra kemudian dibagi menjadi 70% data latih dan 30% data uji. Optimasi parameter dilakukan menggunakan *GridSearchCV* [11] dengan variasi jumlah pohon (*n_estimators*) dengan nilai [100, 200], kedalaman maksimum pohon (*max_depth*) dengan nilai [None, 20], jumlah minimum sampel pada daun (*min_samples_leaf*) dengan nilai [1, 2], serta jumlah minimum sampel untuk melakukan pemisahan (*min_samples_split*) dengan nilai [2, 5].

2.3.4 Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan menggunakan data uji (30%) dengan membandingkan hasil klasifikasi terhadap data referensi. Evaluasi disajikan dalam *Confusion Matrix* untuk menghitung Akurasi Produsen, Akurasi Pengguna, *Overall Accuracy*, dan *Koefisien Kappa*.

2.3.5 Ekspor Hasil

Hasil klasifikasi tutupan lahan yang diperoleh kemudian dimanfaatkan sebagai data spasial utama dalam proses visualisasi. Untuk mendukung penyajian informasi secara interaktif melalui *platform web*, peta hasil pengolahan tersebut diekspor menggunakan *plugin qgis2web*. *Plugin* ini mengonversi proyek QGIS ke dalam format peta *web* yang terdiri dari file *HTML*, *CSS*, dan *JavaScript*,

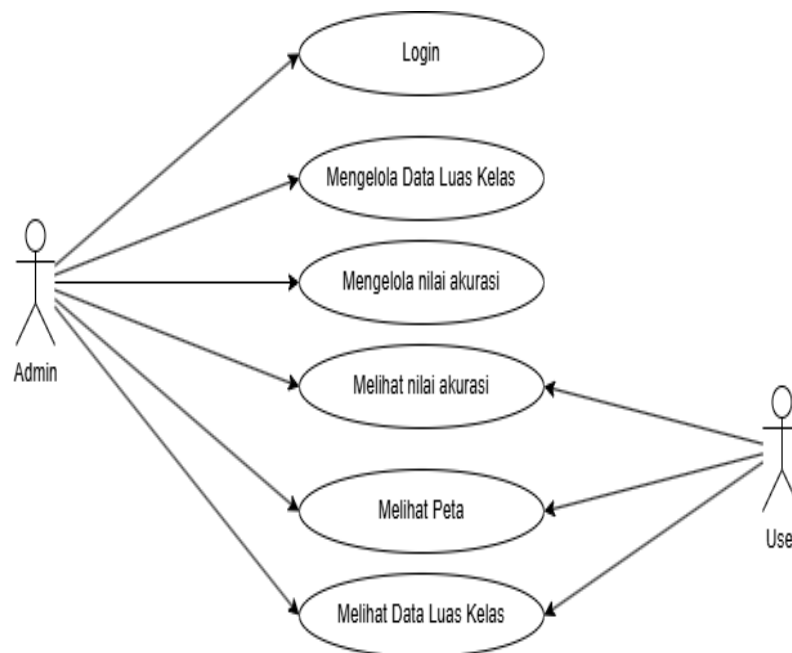
sehingga peta dapat ditampilkan melalui *web browser* tanpa memerlukan perangkat lunak SIG tambahan [12].

Peta *web* yang dihasilkan bersifat interaktif dan memungkinkan pengguna melakukan berbagai aktivitas seperti memperbesar tampilan peta (*zoom*), menggeser peta (*pan*), serta menampilkan informasi atribut pada setiap layer peta. Selanjutnya, hasil ekspor tersebut diintegrasikan ke dalam sistem *WebGIS* yang dikembangkan, sehingga pengguna dapat mengakses dan mengeksplorasi informasi spasial secara langsung melalui halaman *web* [13]

2.4. Desain Sistem

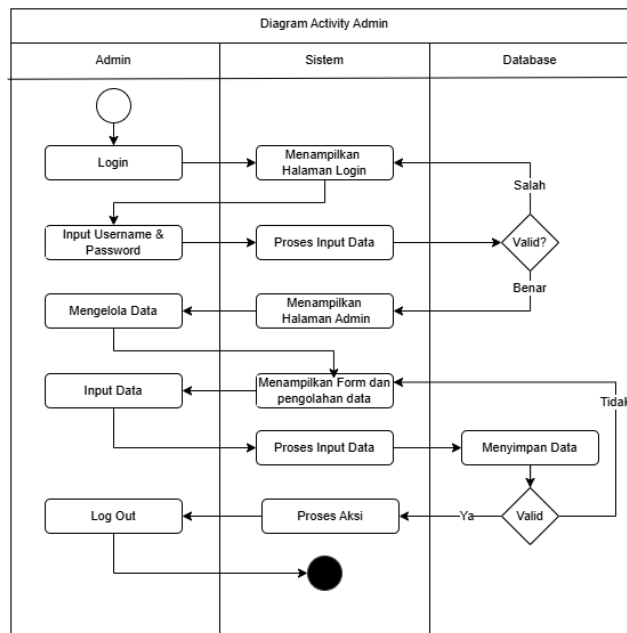
Tahap perancangan sistem dilakukan untuk menggambarkan interaksi antara pengguna dengan sistem *WebGIS* yang dikembangkan. Salah satu metode yang digunakan pada tahap ini adalah *Use Case Diagram*, yang berfungsi untuk menggambarkan hubungan antara aktor dengan fungsi-fungsi yang tersedia dalam sistem. *Use Case Diagram* merupakan salah satu jenis diagram dalam *Unified Modeling Language (UML)* yang digunakan untuk merepresentasikan fungsionalitas sistem dari sudut pandang pengguna (aktor) [14].

Use Case Diagram yang ditunjukkan pada Gambar 2 menggambarkan interaksi antara dua aktor utama, yaitu *User* dan *Admin*. Aktor *User* memiliki hak akses untuk melihat peta serta informasi statistik yang tersedia pada sistem. Sementara itu, aktor *Admin* memiliki hak akses yang lebih luas, yaitu melakukan proses *login* dan *logout*, melihat data, serta mengelola data seperti memperbarui nilai akurasi dan data luas kelas tutupan lahan. Diagram ini menunjukkan fungsi utama sistem sekaligus menggambarkan pembagian hak akses antara pengguna umum dan pengelola sistem dalam pengelolaan informasi pada *WebGIS*.



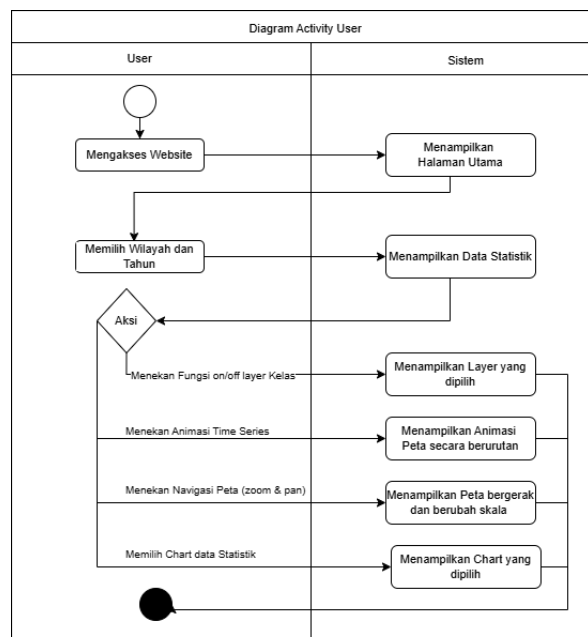
Gambar 2. Use Case Diagram

Selain itu, digunakan pula *Activity Diagram* yang berfungsi untuk menggambarkan alur aktivitas dalam sistem dari awal hingga akhir. Diagram ini mencakup percabangan keputusan, kemungkinan kondisi yang terjadi, serta interaksi antara pengguna dengan sistem dalam menjalankan suatu proses.



Gambar 3. Activity Diagram Admin

Gambar 3 menjelaskan alur aktivitas aktor *admin* dalam mengakses dan mengelola *website*. Proses diawali dengan autentikasi melalui *login* untuk memastikan keamanan sistem. Setelah berhasil masuk, *admin* dapat memilih fitur yang tersedia serta melakukan pengelolaan data pada *website*.



Gambar 4. Activity Diagram User

Gambar 4 menjelaskan alur aktivitas aktor *user* yang dapat langsung mengakses *website* tanpa melalui proses autentikasi. Pengguna dapat memilih dan menggunakan berbagai fitur yang tersedia, seperti melihat peta, memilih wilayah, serta mengakses informasi yang disajikan dalam sistem *WebGIS*.

2.5. Implementasi

Tahap implementasi merupakan proses pengembangan sistem *WebGIS* berdasarkan rancangan yang telah dibuat pada tahap sebelumnya. Pada tahap ini dilakukan pembangunan antarmuka *web* yang bersifat interaktif sehingga memudahkan pengguna dalam mengakses serta berinteraksi dengan peta yang ditampilkan pada sistem.

Hasil klasifikasi tutupan lahan yang diperoleh dari proses pengolahan citra menggunakan *QGIS* kemudian diekspor menggunakan *plugin qgis2web* untuk menghasilkan peta interaktif berbasis *web*. File hasil *ekspor* tersebut selanjutnya disesuaikan dan dikembangkan lebih lanjut secara manual guna meningkatkan tampilan serta fungsionalitas sistem *WebGIS* yang dibangun.

Dalam proses pengembangan sistem, bahasa *HTML* digunakan sebagai struktur dasar halaman *web*, *CSS* digunakan untuk mengatur tampilan visual antarmuka, sedangkan *JavaScript* digunakan untuk menangani interaktivitas peta dan fungsi pemetaan. Selain itu, *PHP* digunakan pada sisi backend untuk mengelola proses penyimpanan serta pengambilan data dari basis data. Aplikasi *web* ini juga memanfaatkan pustaka pemetaan *LeafletJS*, yang telah banyak digunakan dalam pengembangan *WebGIS* untuk visualisasi informasi spasial secara interaktif [15]. Proses pengembangan kode dilakukan menggunakan perangkat lunak *Visual Studio Code*.

2.6. Pengujian Sistem

Tahap pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sistem *WebGIS* yang dikembangkan dapat berjalan dengan baik serta sesuai dengan kebutuhan pengguna. Metode pengujian yang digunakan adalah *Black Box Testing*, yaitu metode pengujian yang berfokus pada pengujian fungsionalitas sistem tanpa memperhatikan struktur atau kode internal program [16].

Melalui metode ini, setiap fitur dalam sistem diuji untuk memastikan bahwa seluruh fungsi dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian dilakukan pada beberapa komponen utama sistem, seperti proses navigasi peta, penampilan layer peta, serta interaksi pengguna dengan sistem. Dengan demikian, tahap pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem *WebGIS* dapat diakses dan digunakan secara optimal oleh pengguna.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian ini berupa visualisasi sistem *WebGIS* yang digunakan untuk menampilkan peta klasifikasi tutupan lahan pada area pertambangan PT Vale Sorowako, khususnya di wilayah Lamangka dan Patea. Selain itu, hasil analisis klasifikasi menunjukkan bahwa kelas vegetasi masih mendominasi wilayah kajian, meskipun secara temporal mengalami penurunan akibat aktivitas pembukaan lahan pertambangan. Peningkatan luas lahan terbuka mengindikasikan intensitas aktivitas tambang terbuka yang berdampak pada perubahan morfologi lahan dan keseimbangan ekosistem. Namun demikian, pada periode terakhir terjadi penurunan luas lahan terbuka yang diikuti dengan peningkatan kembali tutupan vegetasi, yang menunjukkan adanya keberhasilan program reklamasi dan revegetasi dalam memulihkan fungsi ekologis lahan pascatambang. Tingkat akurasi tertinggi diperoleh pada penggunaan citra Sentinel-2A di wilayah Lamangka tahun 2019 dengan nilai *Overall accuracy* sebesar 96,76% serta *koefisien Kappa* sebesar 0,95 yang termasuk dalam kategori hampir sempurna. Hasil ini menunjukkan bahwa algoritma *Random Forest* memiliki kinerja yang sangat baik dalam mengklasifikasikan tutupan lahan pada wilayah penelitian.

Sistem yang dikembangkan memungkinkan penyajian informasi spasial dalam bentuk peta interaktif sehingga pengguna dapat mengakses dan mengeksplorasi data tutupan lahan secara lebih mudah melalui *platform* berbasis *web*. Tahap implementasi merupakan proses realisasi dari rancangan sistem *WebGIS* yang telah dibuat sebelumnya menjadi sebuah aplikasi yang dapat digunakan oleh pengguna. Pada tahap ini, seluruh komponen antarmuka (*interface*) dan fungsionalitas sistem diintegrasikan sehingga mampu menampilkan data spasial secara efektif serta mendukung interaksi pengguna dengan peta yang ditampilkan.

Hasil implementasi sistem menghasilkan beberapa halaman utama, yaitu halaman utama pengguna, halaman *login admin*, dan halaman *Dashboard* admin. Halaman utama pengguna berfungsi untuk menampilkan peta tutupan lahan beserta informasi terkait yang dapat diakses oleh pengguna

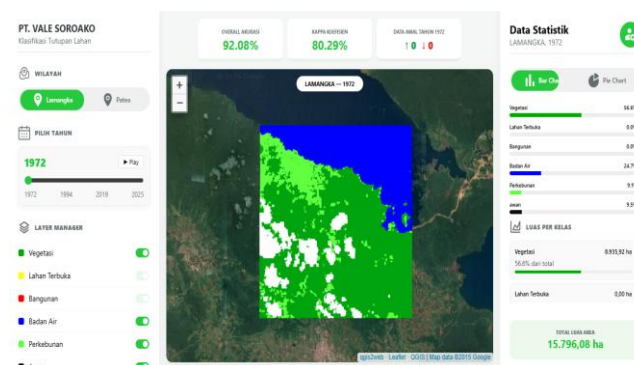
umum. Sementara itu, halaman *login admin* digunakan sebagai proses autentikasi sebelum mengakses sistem pengelolaan data. Setelah berhasil masuk ke sistem, *admin* dapat mengakses halaman *Dashboard* untuk melakukan pengelolaan data seperti memperbarui informasi akurasi klasifikasi maupun data luas kelas tutupan lahan.

3.1. Tampilan Halaman Utama Web

Halaman utama merupakan halaman awal yang ditampilkan ketika pengguna mengakses aplikasi *WebGIS*. Pada halaman ini ditampilkan peta utama yang berfungsi sebagai media visualisasi data spasial hasil klasifikasi tutupan lahan. Peta tersebut disajikan dalam bentuk peta interaktif sehingga pengguna dapat melakukan eksplorasi informasi spasial secara langsung melalui antarmuka *web*. Beberapa fitur yang tersedia pada halaman utama antara lain:

- Peta interaktif yang dapat diperbesar (*zoom*), diperkecil, dan digeser (*pan*).
- Pilihan wilayah dan tahun pengamatan untuk menampilkan data sesuai periode tertentu.
- Tombol *play animasi* perubahan waktu yang berfungsi menampilkan dinamika perubahan tutupan lahan dari tahun ke tahun
- Layer manager* yang memungkinkan pengguna menampilkan atau menyembunyikan kelas tutupan lahan tertentu.
- Informasi statistik berupa diagram dan persentase luas masing-masing kelas tutupan lahan.

Halaman ini dirancang agar pengguna dapat mengeksplorasi data secara visual dengan mudah serta memperoleh informasi spasial secara cepat dan informatif. Selain visualisasi peta, sistem juga menyajikan informasi statistik dalam bentuk diagram untuk memberikan gambaran kuantitatif mengenai luas masing-masing kelas tutupan lahan. Tampilan halaman utama *WebGIS* dapat dilihat pada Gambar 5.



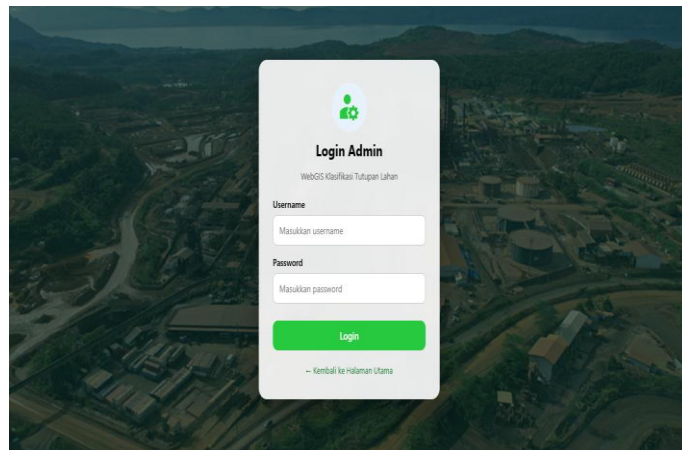
Gambar 5. Halaman Utama Sistem Berbasis *Web*

3.2. Tampilan Halaman *Form Login Admin*

Halaman *login admin* merupakan halaman autentikasi yang digunakan oleh *admin* untuk mengakses sistem pengelolaan data pada aplikasi *WebGIS*. Pada halaman ini, *admin* diminta untuk memasukkan *username* dan *password* yang valid sebelum dapat masuk ke dalam sistem.

Mekanisme autentikasi ini bertujuan untuk membatasi akses sehingga hanya *admin* yang terdaftar yang dapat mengelola data pada sistem. Dengan adanya proses *login*, keamanan sistem dapat lebih terjaga karena hak akses pengelolaan data tidak dapat digunakan oleh pengguna umum.

Setelah proses *login* berhasil, *admin* akan diarahkan menuju halaman *Dashboard* yang berfungsi sebagai pusat pengelolaan data dalam sistem. Tampilan halaman *login admin* dapat dilihat pada Gambar 6.



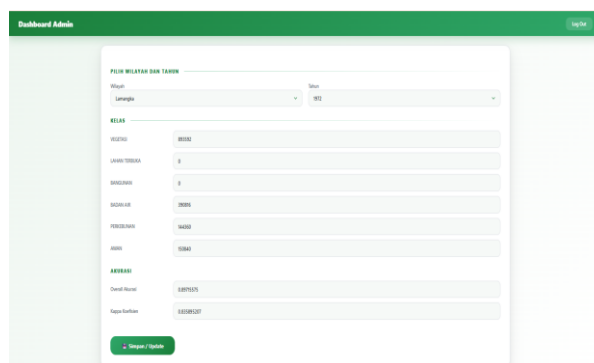
Gambar 6. Desain Halaman Utama User

3.3. Tampilan Halaman *Dashboard Admin*

Halaman *Dashboard admin* merupakan halaman utama yang ditampilkan setelah *admin* berhasil melakukan proses *login* ke dalam sistem. Halaman ini berfungsi sebagai pusat pengelolaan data pada sistem *WebGIS* yang dikembangkan. Melalui halaman dashboard, *admin* dapat mengelola berbagai data yang berkaitan dengan hasil klasifikasi tutupan lahan serta informasi statistik yang ditampilkan pada sistem. Fitur utama yang tersedia pada halaman *Dashboard admin* meliputi:

- Form input* dan pembaruan data masing-masing kelas tutupan lahan.
- Form input* dan pembaruan nilai akurasi klasifikasi seperti *overall accuracy* dan *kappa coefficient*
- Tombol simpan atau *update* untuk memperbarui data yang tersimpan dalam sistem.

Dashboard dirancang dengan tampilan yang sederhana dan terstruktur sehingga memudahkan *admin* dalam melakukan proses pengelolaan data secara efisien. Melalui halaman ini, *admin* dapat mengelola berbagai parameter penting, seperti wilayah penelitian, tahun pengamatan, serta informasi statistik yang berkaitan dengan hasil klasifikasi tutupan lahan. Tampilan halaman *Dashboard admin* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Halaman Form *Dashboard Admin*

3.4. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing* untuk memastikan bahwa seluruh fitur pada sistem *WebGIS* dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan. Metode ini berfokus pada pengujian fungsi sistem berdasarkan *input* dan output tanpa memperhatikan struktur kode internal.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur utama, seperti akses halaman, pengelolaan data oleh admin, pengaturan *layer* peta, serta penampilan informasi spasial pada peta interaktif dapat berjalan dengan baik. Setiap *input* yang diberikan oleh pengguna maupun *admin* dapat diproses oleh

sistem dan menghasilkan output yang sesuai. Dengan demikian, sistem *WebGIS* yang dikembangkan dapat dinyatakan berfungsi dengan baik dan layak digunakan karena telah memenuhi kebutuhan fungsional yang diharapkan.

Penelitian ini mengintegrasikan proses klasifikasi citra satelit menggunakan algoritma *Random Forest* dengan visualisasi berbasis *WebGIS* dalam satu *platform* terpadu. Pendekatan ini berbeda dengan beberapa penelitian sebelumnya yang masih memisahkan tahap analisis dan penyajian data. Sistem yang dikembangkan juga dilengkapi fitur interaktif dan temporal yang memungkinkan pemantauan perubahan tutupan lahan secara lebih mudah. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat mendukung peningkatan aksesibilitas dan pemanfaatan *informasi* spasial dalam monitoring lingkungan di wilayah pertambangan.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem *WebGIS* interaktif untuk memvisualisasikan hasil klasifikasi tutupan lahan pada wilayah pertambangan PT Vale Sorowako, khususnya di area Lamangka dan Patea. Sistem ini mengintegrasikan hasil pengolahan citra satelit berbasis algoritma *Random Forest* ke dalam *platform WebGIS* sehingga *informasi* spasial dapat disajikan dalam bentuk peta interaktif yang mudah diakses. Integrasi ini memungkinkan penyajian *informasi* perubahan tutupan lahan secara lebih *informatif* dan mendukung eksplorasi data secara langsung oleh pengguna.

Kontribusi utama penelitian ini terletak pada integrasi antara proses klasifikasi citra satelit dan visualisasi berbasis *WebGIS* dalam satu sistem terpadu yang mendukung pemantauan perubahan tutupan lahan secara interaktif dan temporal. Sistem yang dikembangkan dilengkapi fitur navigasi peta, pengelolaan layer, pemilihan waktu pengamatan, serta penyajian *informasi* statistik yang memudahkan pengguna dalam memahami dinamika perubahan tutupan lahan. Selain itu, sistem juga menyediakan *Dashboard admin* untuk pengelolaan data, termasuk pembaruan luas kelas tutupan lahan dan nilai akurasi klasifikasi. Berdasarkan pengujian menggunakan metode Black Box Testing, seluruh fitur utama sistem dapat berjalan sesuai dengan fungsinya.

Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Penelitian ini belum mengintegrasikan faktor sosial dan ekonomi, seperti kebijakan pemerintah, aktivitas pertambangan, serta kondisi masyarakat, yang turut memengaruhi perubahan tutupan lahan. Selain itu, hasil klasifikasi sangat dipengaruhi oleh kualitas dataset, teknik komposisi citra, serta metode pengambilan sampel yang digunakan.

Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan analisis spasial dengan aspek sosial, ekonomi, dan ekologi, serta memanfaatkan citra dengan resolusi spasial yang lebih tinggi dan teknik komposisi yang lebih optimal guna meningkatkan akurasi dan kedalaman analisis. Dengan pengembangan tersebut, sistem yang dihasilkan diharapkan dapat memberikan *informasi* yang lebih komprehensif dalam mendukung pengelolaan lingkungan pertambangan secara berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- [1] N. I. Wahyuni, A. W. Hasyim, and S. Soemarno, "Dinamika Perubahan Penggunaan dan Tutupan Lahandi Kabupaten Banyuwangi Periode 1995 – 2019," *Jurnal WASIAN*, vol. 8, no. 2, pp. 121–132, Dec. 2021, doi: 10.20886/jwas.v8i2.6707.
- [2] Char M. H. Prasetyo, D. W. K. Baderan, and M. S. Hamidun, "Dampak Kerusakan Lingkungan Akibat Eksploitasi Sumber Daya Mineral dari Kegiatan Pertambangan," *Hidroponik : Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, vol. 2, no. 2, pp. 01–11, Jun. 2025, doi: 10.62951/hidroponik.v2i2.328.
- [3] Centropolis, "Laporan Draft Final Penyusunan RPIP (Rencana Pengembangan Infrastruktur)," Jakarta, 2023.
- [4] M. M. Purnama, F. Pramatana, Y. Aini, and M. Soimin, "Analisis Tutupan Lahan Menggunakan Penginderaan Jauh diKecamatan Kupang Tengah, Kabupaten Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur," *Jurnal Kehutanan Papuaasia*, vol. 10, no. 1, pp. 96–106, May 2024.

- [5] L. Zahara, I. R. Munthe, and A. A. Ritonga, "SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS PEMETAAN SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN DI KABUPATEN LABUHANBATU MENGGUNAKAN *WEBGIS*," *JURTEKSI (Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi)*, vol. 7, no. 2, pp. 187–194, Apr. 2021, doi: 10.33330/jurteksi.v7i2.1079.
- [6] I. M. S. Wijaya and F. Silitonga, "Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis Dalam Pengembangan Smart Tourism Batam," *Jurnal Elektrosista*, vol. 10, no. 2, p. 162, Jun. 2023.
- [7] H. Yuliana and Z. Rizqiana, "Analisis Metode Klasifikasi Pemetaan Tutupan Lahan (Land Cover) di Area Kota Bandung Menggunakan Algoritma *Random Forest* Pada Google Earth Engin," *EPSILON : Journal of Electrical Engineering and Information Technology*, no. 2, pp. 97–106, Dec. 2024.
- [8] F. Afininnas, Y. Nawang Wulandari, A. Fioren, J. Golo, and R. Kurniawan, "Analisis Perbandingan Metode Klasifikasi Pada Pemetaan Tutupan Lahan di Provinsi DI Yogyakarta Tahun 2023," *Seminar Nasional Sains Data*, pp. 624–635, 2024.
- [9] I. Dayanti, Muhsi, and Hozairi, "Sistem Informasi Geografis Analisis Wilayah Tataguna Lahan di Kabupaten Pamekasan Menggunakan Citra Sentinel-1," *Seminar Nasional Humaniora dan Aplikasi Teknologi Informasi (SEHATI)*, vol. 1, no. 1, pp. 270–279, Oct. 2025.
- [10] I. G. Suardika, "Analisis *Plugin Qgis2web* dalam *Webmap* Sarana Pendidikan di Kota Denpasar," *JURNAL SISTEM DAN INFORMATIKA (JSI)*, Feb. 2024, [Online]. Available: <https://www.denpasarkota.go.id/>.
- [11] M. D. Sihaloho and A. Yulfa, "Optimalisasi ANN-MLP dengan GridSearch-CV untuk Klasifikasi Tutupan Lahan Perkotaan Menggunakan Sentinel-2," 2025. [Online]. Available: <https://dx.doi.org/10.209>
- [12] D. L. D. Aschieri, N. Sobrino, and E. Macii, "*Web-GIS* Application for Hydrogeological Risk Prevention: The Case Study of Cervo Valley," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 16, no. 22, Nov. 2024, doi: 10.3390/su16229833.
- [13] A. Subhan, Bambang Agus Herlambang, and Ahmad Khoirul Anam, "Sistem Informasi Geografis Pemetaan Banjir di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2019-2021," *Router : Jurnal Teknik Informatika dan Terapan*, vol. 3, no. 4, pp. 64–72, Dec. 2025, doi: 10.62951/router.v3i4.718.
- [14] M. Z. Sulaiman, A. Ghofur, and F. Alvianda, "Perancangan Sistem Informasi Geografis (SIG) Untuk Pemetaan Objek Wisata Di Kabupaten Situbondo Berbasis Qgis," *Journal homepage: AKIRATECH : Journal of Computer and Electrical Engineering*, vol. 2, no. 3, 2025, [Online]. Available: <https://journal.ajbnews.com/index.php/akiratech>
- [15] D. S. Nurfadhilah, A. A. Brilliant, R. Sukmana, H. M. Tsani, and D. Hadiputra, "PEMETAAN POTENSI LAHAN PERTANIAN BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI KABUPATEN BANDUNG," *Jurnal Sains Informatika Terapan (JSIT) E-ISSN*, no. 1, pp. 232–37, Feb. 2026, Accessed: Mar. 11, 2026. [Online]. Available: <https://rcf-indonesia.org/home/>
- [16] N. Made, D. Febriyanti, A. A. Kompiang, O. Sudana, and N. Piarsa, "Implementasi Black Box Testing pada Sistem Informasi Manajemen Dosen," *JITTER- Jurnal Ilmiah Teknologi dan Kompute*, vol. 2, no. 3, Dec. 2021.