

SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PEMETAAN POHON MANGROVE DI KOTA TERNATE DAN KOTA TIDORE

Asrul S. Salasa^{1*}; Muhammad Ridha Albaar²; Hairil Kurniadi Sirajuddin³; Salkin Lutfi⁴; Muhammad Fhadli⁵; Ardi Salman⁶; Muhammad Andika Darwis⁷; Ikram Mustafa⁸; M. Mulkan Mufti⁹

Program Studi Informatika^{1,2,3,4,5,6,7,8,9}
Universitas Khairun, Ternate, Indonesia^{1,2,3,4,5,6,7,8,9}
hairil.kurniadi@unkhair.ac.id^{1,2,3,4,5,6,7,8,9}
asrulssalasaasrul@gmail.com^{1*}, ridha.albaar@unkhair.ac.id², hairil.kurniadi@unkhair.ac.id³,
salkin.lutfi@unkhair.ac.id⁴, mfhadli@unkhair.ac.id⁵, penelitianhub@gmail.com⁶,
andikadarwis135@gmail.com⁷, ikimustafa3010@gmail.com⁸, mulkanmufti@gmail.com⁹

(*) Corresponding Author



Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi-NonKomersial 4.0 Internasional.

Abstract— *The mangrove ecosystems in Ternate City and Tidore City are under pressure due to coastal land conversion, residential development, and other anthropogenic activities. The main problem in mangrove conservation efforts in both regions is the lack of an integrated spatial information system to accurately and easily document the location, type, and condition of mangrove vegetation. This study aims to develop a web-based Geographic Information System (GIS) for mapping and managing mangrove data as a supporting instrument for conservation decision-making. The novelty of this research lies in the integration of field coordinate data, mangrove species identification, visual documentation, and interactive spatial visualization in a single platform that can be used for continuous monitoring of mangrove conditions in Ternate City and Tidore City. The study was conducted at five observation locations: Rua, Gambesi, and Mangga Dua Villages in Ternate City and Rum Balibunga and Mafututu Villages in Tidore City. Data were obtained through field surveys using GPS, mangrove species identification, and field documentation, then processed using PHP, MySQL, JavaScript, and LeafletJS technologies. The results of the study indicate that the system is able to map the distribution of several mangrove species, namely Rhizophora apiculata, Rhizophora mucronata, Bruguiera gymnorhiza, Bruguiera parviflora, Ceriops tagal, Avicennia marina, and Sonneratia alba accurately and in an integrated manner. Functional testing using the Black Box Testing method confirmed that all system features operated correctly with a 100% success rate.*

Keywords: *Geographic Information System, Information System, Mangrove Trees, Ternate City, Tidore City.*

Abstrak— Ekosistem mangrove di Kota Ternate dan Kota Tidore menghadapi tekanan akibat alih fungsi lahan pesisir, pembangunan permukiman, dan berbagai aktivitas antropogenik lainnya. Permasalahan utama dalam upaya konservasi mangrove di kedua wilayah tersebut adalah belum tersedianya sistem informasi spasial yang terintegrasi untuk mendokumentasikan lokasi, jenis, dan kondisi vegetasi mangrove secara akurat dan mudah. Penelitian ini bertujuan mengembangkan Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis web untuk pemetaan dan pengelolaan data mangrove sebagai instrumen pendukung pengambilan keputusan konservasi. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi data koordinat lapangan, identifikasi jenis mangrove, dokumentasi visual, dan visualisasi spasial interaktif dalam satu platform yang dapat digunakan untuk pemantauan kondisi mangrove secara berkelanjutan di Kota Ternate dan Kota Tidore. Penelitian dilakukan pada lima lokasi pengamatan, yaitu Kelurahan Rua, Gambesi, dan Mangga Dua di Kota Ternate serta Kelurahan Rum Balibunga dan Mafututu di Kota Tidore. Data diperoleh melalui survei lapangan menggunakan GPS, identifikasi jenis mangrove, dan dokumentasi lapangan, kemudian diolah menggunakan teknologi PHP, MySQL, JavaScript, dan LeafletJS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu memetakan persebaran beberapa jenis mangrove, yaitu *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Bruguiera parviflora*, *Ceriops tagal*, *Avicennia marina*, dan *Sonneratia alba* secara akurat dan terintegrasi. Pengujian fungsional menggunakan metode Black Box Testing

menunjukkan bahwa seluruh fitur sistem berfungsi dengan baik dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%.

Kata kunci: *Sistem Informasi Geografis, Sistem Informasi, Pohon Mangrove, Kota Ternate, Kota Tidore.*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan geospasial telah mendorong transformasi pengelolaan sumber daya alam menuju pendekatan berbasis data spasial yang lebih akurat dan terintegrasi (Fu, 2023), (Li, Songnian; Dragicevic, Suzana; Castro, 2022). Salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam pengelolaan lingkungan adalah Sistem Informasi Geografis (SIG), yang mampu mengintegrasikan data lokasi, atribut objek, serta informasi spasial lainnya ke dalam suatu sistem yang mendukung analisis dan pengambilan keputusan (Li, Songnian; Dragicevic, Suzana; Castro, 2022). Dalam bidang pengelolaan wilayah pesisir, SIG telah menjadi instrumen penting untuk pemetaan, monitoring, dan evaluasi kondisi ekosistem mangrove secara berkelanjutan (Hidayah, Rachman, & As-Syakur, 2023; Solikhah, F.; Minsaris, L.O.A.; Ariawan, 2024).

Ekosistem mangrove memiliki peran strategis dalam menjaga keseimbangan lingkungan pesisir. Selain berfungsi sebagai pelindung alami terhadap abrasi pantai dan intrusi air laut, mangrove juga berperan sebagai habitat berbagai biota laut, penyimpan karbon (blue carbon) (Alongi, 2023), serta penyangga produktivitas perikanan pesisir. Namun demikian, berbagai aktivitas antropogenik seperti reklamasi pantai, konversi lahan, pembangunan permukiman, penebangan vegetasi, dan pencemaran lingkungan telah menyebabkan terjadinya degradasi ekosistem mangrove di berbagai wilayah Indonesia.

Kondisi tersebut juga terjadi di Kota Ternate dan Kota Tidore Kepulauan. Hasil penelitian (Rustam, E.P.; Achmad, M.D.; Marus, I.; Baddu, 2022) menunjukkan bahwa luas mangrove di Kota Ternate mengalami penurunan dari 5,97 hektar pada tahun 2002 menjadi hanya 2,51 hektar pada tahun 2022 atau berkurang sekitar 57,8% dalam dua dekade. Sementara itu, kawasan mangrove di Kota Tidore Kepulauan meskipun masih memiliki luasan yang relatif besar, tetap menghadapi ancaman degradasi akibat peningkatan aktivitas pembangunan pesisir dan perubahan pemanfaatan lahan. Kondisi ini menunjukkan perlunya sistem pemantauan dan pengelolaan mangrove yang mampu menyediakan informasi spasial secara cepat, akurat, dan berkelanjutan.

Penelitian mengenai pemetaan mangrove berbasis Sistem Informasi Geografis telah banyak dilakukan. Pada penelitian (Dharmawan, 2023)

merancang Sistem Informasi Geografis berbasis web untuk pemetaan zonasi mangrove di Pulau Ambon menggunakan PHP dan MySQL, yang berfokus pada visualisasi lokasi dan kondisi vegetasi mangrove secara interaktif. (Putra, R.D.; Napitupulu, H.S.; Nugraha, 2022) memanfaatkan citra satelit untuk memetakan luasan mangrove di Pulau Mapur menggunakan pendekatan penginderaan jauh. Pada penelitian (Winarno, 2022) menggunakan kombinasi penginderaan jauh dan SIG untuk memantau kondisi mangrove di wilayah pesisir Kota Tidore. Selanjutnya, Hidayah et al. (2023) mengembangkan pemetaan kondisi kesehatan mangrove menggunakan Mangrove Health Index berbasis citra Sentinel-2, sedangkan (Solikhah, F.; Minsaris, L.O.A.; Ariawan, 2024) menerapkan metode Maximum Likelihood Classification untuk memetakan distribusi mangrove pada kawasan pesisir.

Berbagai penelitian tersebut menunjukkan bahwa SIG dan penginderaan jauh memiliki kemampuan yang baik dalam memetakan distribusi serta perubahan tutupan mangrove. Akan tetapi, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada analisis citra satelit dan estimasi luasan vegetasi mangrove. Informasi yang dihasilkan umumnya berupa peta distribusi dan perubahan tutupan lahan tanpa mengintegrasikan data inventarisasi lapangan secara detail, seperti koordinat pohon individual, identifikasi spesies, dokumentasi visual, dan basis data yang dapat diperbarui secara berkelanjutan.

Selain itu, penelitian terdahulu di Kota Ternate dan Kota Tidore lebih banyak menitikberatkan pada aspek ekologis dan perubahan luasan mangrove, sedangkan pengembangan sistem informasi spasial berbasis web yang mengintegrasikan data lapangan secara langsung masih sangat terbatas. Padahal, informasi mengenai lokasi spesifik pohon mangrove, jenis vegetasi, kondisi lapangan, dan dokumentasi visual sangat diperlukan untuk mendukung kegiatan monitoring, rehabilitasi, dan konservasi berbasis lokasi (site-specific conservation).

Tabel 1. Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Saat Ini

No	Peneliti	Fokus	Metode	Keterbatasan
1	(Dharmawan, 2023)	Perancangan SIG penyebaran zonasi	Web-based GIS (PHP,	Berbasis web dengan fokus pada visualisasi

No	Peneliti	Fokus	Metode	Keterbatasan
		mangrove di Pulau Ambon	MySQL, Waterfall	zonasi, namun belum mengintegrasikan data koordinat pohon individu, identifikasi spesies secara detail, dan dokumentasi visual lapangan secara terintegrasi dalam satu platform.
2	(Putra, R.D.; Napitupulu, H.S.; Nugraha, 2022)	Pemetaan luasan mangrove	Citra satelit	Tidak menyediakan inventarisasi spesies
3	(Winarno, 2022)	Monitoring mangrove pesisir Tidore	SIG dan Remote Sensing	Belum berbasis Web GIS
4	(Solikhah, F.; Minsaris, L.O.A.; Ariawan, 2024)	Distribusi mangrove	Maximum Likelihood Classification	Fokus pada klasifikasi tutupan lahan
5	(Hidayah et al., 2023)	Mangrove Health Index	Sentinel-2	Tidak menyediakan basis data monitoring

Sumber (Hasil Penelitian, 2026)

Berdasarkan kajian Tabel 1 terdapat research gap antara penelitian pemetaan mangrove berbasis citra satelit yang menghasilkan informasi tutupan lahan secara makro dengan kebutuhan pengelolaan mangrove yang memerlukan data inventarisasi lapangan secara detail dan terintegrasi. Hingga saat ini belum tersedia sistem informasi geografis berbasis web yang secara khusus mengintegrasikan data koordinat GPS, identifikasi spesies mangrove, dokumentasi foto, dan visualisasi spasial interaktif pada wilayah Kota Ternate dan Kota Tidore dalam satu platform yang dapat digunakan sebagai media monitoring dan pendukung pengambilan keputusan konservasi (Fu, 2023). Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada pengembangan Sistem Informasi Geografis berbasis web yang mengintegrasikan data survei lapangan menggunakan GPS, identifikasi spesies mangrove, dokumentasi visual, dan basis data spasial dalam satu sistem terpusat yang dapat diakses secara interaktif. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang berorientasi pada pemetaan tutupan mangrove berbasis citra satelit,

penelitian ini menghasilkan sistem yang mampu menampilkan lokasi pohon mangrove secara detail, mendukung identifikasi zona prioritas konservasi, serta menyediakan informasi spasial yang dapat diperbarui secara berkelanjutan untuk mendukung pengelolaan ekosistem mangrove di Kota Ternate dan Kota Tidore. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan Sistem Informasi Geografis pemetaan pohon mangrove berbasis web di Kota Ternate dan Kota Tidore serta mengevaluasi pemanfaatannya sebagai instrumen pendukung monitoring dan konservasi ekosistem mangrove berbasis data spasial.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan selama tiga bulan pada semester genap Tahun Akademik 2025/2026 dengan fokus pada pemetaan vegetasi mangrove di wilayah pesisir Kota Ternate dan Kota Tidore Kepulauan, Provinsi Maluku Utara. Lokasi penelitian meliputi Kelurahan Rua, Gambesi, dan Mangga Dua di Kota Ternate serta Kelurahan Rum Balibunga dan Mafututu di Kota Tidore yang diketahui memiliki ekosistem mangrove dan menjadi wilayah prioritas pengamatan.

Penelitian menggunakan kombinasi data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan berupa koordinat lokasi mangrove, identifikasi spesies, dokumentasi foto, dan informasi kondisi vegetasi. Data sekunder diperoleh dari literatur ilmiah, peta administrasi wilayah, serta dokumen terkait kondisi mangrove di Kota Ternate dan Kota Tidore. Unit analisis dalam penelitian ini adalah individu pohon mangrove yang ditemukan pada lokasi pengamatan. Setiap objek mangrove dicatat atributnya yang meliputi:

1. Koordinat geografis (lintang dan bujur).
2. Nama spesies mangrove.
3. Lokasi administrasi.
4. Dokumentasi foto lapangan.
5. Tanggal pengamatan.

Jumlah data yang digunakan dalam penelitian sebanyak 20 titik pohon mangrove yang tersebar pada lima lokasi penelitian. Pengumpulan data dilakukan menggunakan metode survei langsung (field survey). Setiap pohon mangrove yang menjadi sampel dicatat posisi geografisnya menggunakan perangkat Global Positioning System (GPS) handheld. Untuk meminimalkan kesalahan pengukuran, setiap titik koordinat direkam sebanyak tiga kali dan selanjutnya dihitung nilai

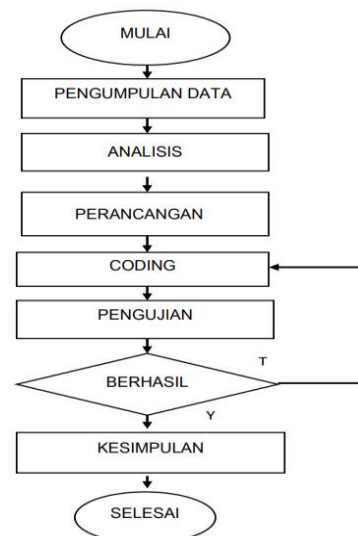
rata-ratanya sebelum dimasukkan ke dalam basis data sistem (Administration, 2023; Survey, 2022).

Penelitian ini menggunakan 20 titik pengamatan pohon mangrove yang tersebar pada lima lokasi penelitian sebagai pilot prototype dataset untuk memvalidasi Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis Web yang dikembangkan. Dua puluh titik pengamatan tersebut dipilih karena mewakili berbagai jenis mangrove dan karakteristik lingkungan yang terdapat pada wilayah penelitian. Jumlah sampel ini dinilai memadai untuk tahap validasi prototipe karena tujuan utama penelitian adalah mengevaluasi fungsionalitas sistem, akurasi spasial, dan kemudahan penggunaan aplikasi, bukan untuk mengestimasi keseluruhan populasi mangrove. Selain itu, arsitektur basis data yang dikembangkan bersifat skalabel (scalable) sehingga mampu mengakomodasi penambahan data hasil survei dalam jumlah yang jauh lebih besar pada kegiatan pemantauan di masa mendatang tanpa memerlukan perubahan pada struktur utama sistem.

Identifikasi spesies mangrove dilakukan berdasarkan karakteristik morfologi vegetasi meliputi bentuk daun, struktur akar, batang, bunga, dan buah dengan mengacu pada pedoman identifikasi mangrove nasional (Tihurua, Rahmawati, Agustiani, & Ardhiyani, 2023). Dokumentasi foto dilakukan untuk mendukung proses verifikasi dan validasi data lapangan. Validasi data dilakukan melalui metode ground checking untuk memastikan kesesuaian antara data yang tersimpan dalam sistem dengan kondisi aktual di lapangan (Yudistira & Vidayanti, 2025; Zablan et al., 2024). Tahapan validasi meliputi:

1. Verifikasi ulang koordinat GPS pada titik sampel secara acak.
2. Pencocokan identitas spesies mangrove oleh tim survei.
3. Pemeriksaan kesesuaian atribut lokasi dan dokumentasi foto.
4. Validasi posisi titik pada peta digital menggunakan perangkat lunak SIG.

Perangkat GPS yang digunakan memiliki tingkat akurasi horizontal $\pm 3\text{--}5$ meter pada kondisi cuaca normal dan area terbuka. Data yang memiliki penyimpangan posisi lebih dari batas toleransi dilakukan pengukuran ulang hingga diperoleh koordinat yang sesuai. Metode pengembangan perangkat lunak yang digunakan adalah Prototype. Metode ini dipilih karena memungkinkan interaksi langsung antara pengembang dan pengguna selama proses pengembangan sistem (Pressman, Roger S.; Maxim, 2024; Sommerville, 2023). Tahapan pengembangan terdiri atas:

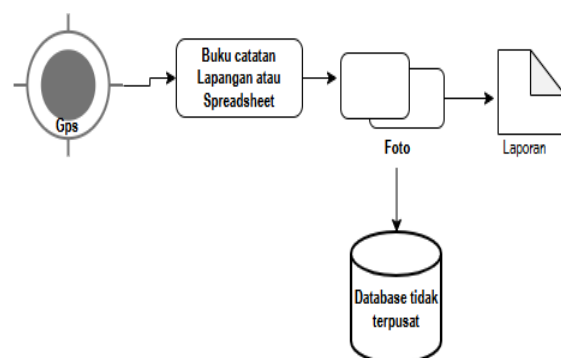


Sumber: (Hasil Penelitian, 2026)

Gambar 1. Implementasi *Prototype*

Sistem yang Berjalan

Sistem yang sedang berjalan dapat dianalisis untuk mengidentifikasi kelebihan dan kekurangannya sebagai dasar pengembangan sistem baru yang lebih efektif. Saat ini, pemetaan dan pengelolaan informasi hutan mangrove di Kota Ternate dan Tidore masih dilakukan secara konvensional dan belum terintegrasi dengan sistem informasi geografis berbasis digital, sehingga belum optimal dalam mendukung pengelolaan data secara akurat dan efisien.



Sumber: (Hasil Penelitian, 2026)

Gambar 2. Sistem yang Berjalan

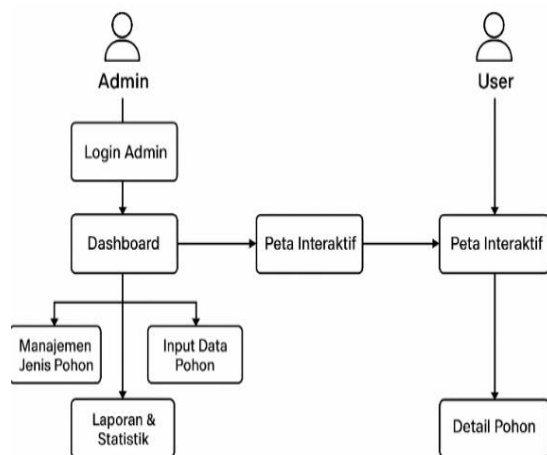
Gambar 2 menggambarkan proses pengelolaan data mangrove yang selama ini dilakukan secara konvensional. Data koordinat, identifikasi spesies, dan dokumentasi lapangan masih disimpan secara terpisah sehingga menyulitkan proses pencarian, pembaruan, dan analisis data secara terintegrasi. Kondisi tersebut menyebabkan informasi spasial mangrove sulit digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan

konservasi secara cepat dan akurat. Oleh karena itu diperlukan sistem berbasis GIS yang mampu mengintegrasikan seluruh informasi dalam satu platform digital.

1. Pengumpulan data menggunakan GPS dan pencatatan manual.
2. Data dicatat dalam buku lapangan atau spreadsheet (*Excel*).
3. Foto disimpan terpisah tanpa integrasi ke peta.
4. Tidak ada sistem terpusat untuk penyimpanan dan visualisasi data.
5. Laporan dibuat manual tanpa rekap otomatis.

Sistem yang Diusulkan

Sistem yang diusulkan merupakan gambaran sistem pengusulan baru. Sistem yang diusulkan merupakan sistem yang akan dirancang.



Sumber: (Hasil Penelitian, 2026)

Gambar 3. Sistem yang Diusulkan

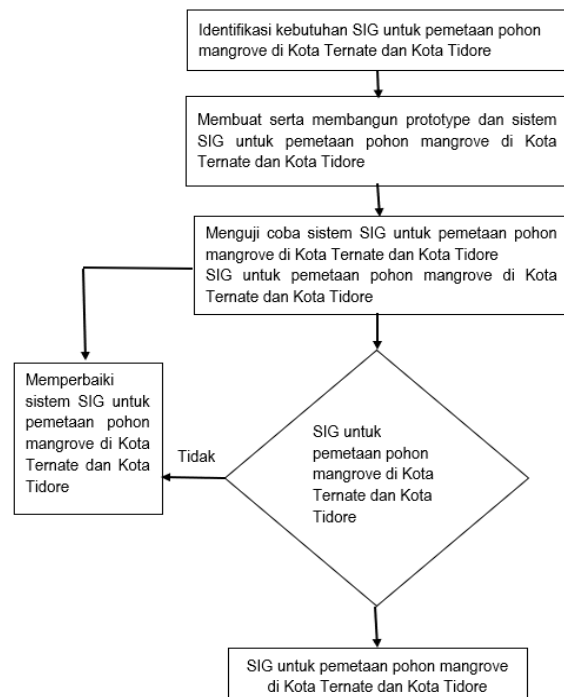
Gambar 3 menunjukkan rancangan sistem yang diusulkan untuk mengatasi keterbatasan sistem sebelumnya. Sistem ini mengintegrasikan data koordinat GPS, jenis mangrove, dokumentasi foto, serta visualisasi peta interaktif ke dalam satu basis data terpusat. Dengan sistem ini, pengguna dapat memperoleh informasi spasial secara real-time sehingga mendukung kegiatan monitoring, inventarisasi, dan konservasi mangrove secara lebih efektif. *Admin* mengakses sistem melalui login menggunakan username dan *password*, kemudian mengelola seluruh fitur melalui dashboard sebagai pusat kontrol, termasuk *input* data pohon *mangrove*, manajemen jenis, unggah foto, serta pengelolaan laporan, statistik, dan peta interaktif. Sementara itu, pengguna umum dapat mengakses sistem tanpa *login* untuk melihat peta interaktif yang menampilkan lokasi dan detail pohon seperti

nama, jenis, foto, dan tanggal *input*, serta melihat laporan dan statistik jumlah pohon berdasarkan jenis atau lokasi.

Implementasi Metode Prototype

Gambar 4 menjelaskan tahapan pengembangan sistem menggunakan metode Prototype. Metode Prototype diimplementasikan melalui enam tahapan yang bersifat iteratif, yaitu: (1) analisis kebutuhan, (2) perancangan prototipe, (3) pengembangan prototipe, (4) evaluasi oleh pengguna, (5) penyempurnaan sistem, dan (6) implementasi akhir. Pada tahap evaluasi, pengguna memberikan umpan balik terhadap fungsi dan kemudahan penggunaan sistem. Selanjutnya, prototipe disempurnakan secara berulang hingga seluruh kebutuhan fungsional sistem terpenuhi (Pressman, Roger S.; Maxim, 2024), (Sommerville, 2023).

Siklus ini dilakukan secara iteratif hingga seluruh kebutuhan fungsional sistem terpenuhi. Pendekatan tersebut memungkinkan pengembangan sistem yang lebih fleksibel dan adaptif terhadap kebutuhan pengguna di lapangan. Penelitian ini diawali dengan analisis kebutuhan sistem SIG, dilanjutkan dengan pengembangan prototipe dan implementasi berbasis PHP. Sistem kemudian diuji oleh admin dan pengguna, serta disempurnakan secara iteratif hingga seluruh kebutuhan fungsional terpenuhi.



Sumber: (Hasil Penelitian, 2026)

Gambar 4. Implementasi *Prototype*

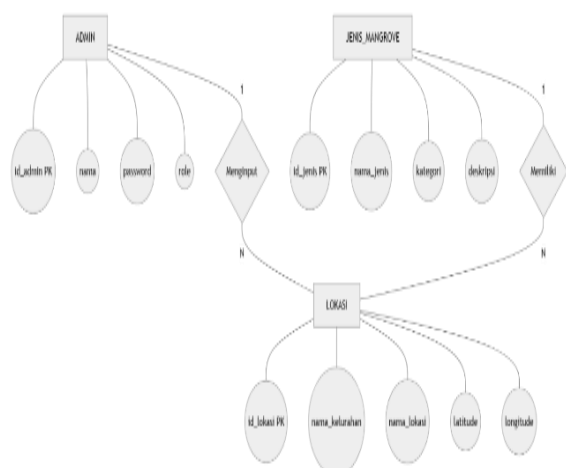
Gambar 4 menjelaskan tahapan pengembangan sistem menggunakan metode Prototype. Metode Prototype diimplementasikan melalui enam tahapan yang bersifat iteratif, yaitu: (1) analisis kebutuhan, (2) perancangan prototipe, (3) pengembangan prototipe, (4) evaluasi oleh pengguna, (5) penyempurnaan sistem, dan (6) implementasi akhir. Pada tahap evaluasi, pengguna memberikan umpan balik terhadap fungsi dan kemudahan penggunaan sistem. Selanjutnya, prototipe dikembangkan secara berulang hingga seluruh kebutuhan fungsional sistem terpenuhi.

Siklus ini dilakukan secara iteratif hingga seluruh kebutuhan fungsional sistem terpenuhi. Pendekatan tersebut memungkinkan pengembangan sistem yang lebih fleksibel dan adaptif terhadap kebutuhan pengguna di lapangan. Penelitian ini diawali dengan analisis kebutuhan sistem SIG, dilanjutkan dengan pengembangan prototipe dan implementasi berbasis PHP. Sistem kemudian diuji oleh admin dan pengguna, serta disempurnakan secara iteratif hingga seluruh kebutuhan fungsional terpenuhi.

Perancangan Sistem

Rancangan Database

Gambar 5 memperlihatkan struktur basis data yang digunakan dalam sistem. Basis data dirancang untuk menyimpan informasi lokasi mangrove, jenis spesies, dokumentasi foto, serta data pengguna secara terintegrasi. Struktur relasional yang digunakan memungkinkan proses penyimpanan, pembaruan, dan pencarian data dilakukan secara efisien sehingga mendukung pengelolaan informasi mangrove secara berkelanjutan.



Sumber: (Hasil Penelitian, 2026)

Gambar 5. Database Sistem

Desain Interface - Halaman data lokasi

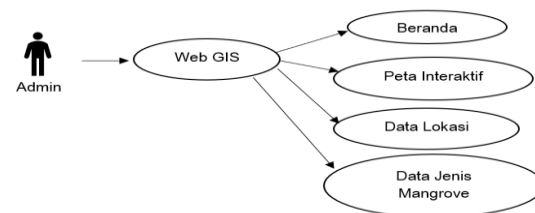


Sumber: (Hasil Penelitian, 2026)

Gambar 6. Prototipe Halaman Data Lokasi

Gambar 6 menunjukkan halaman pengelolaan data lokasi mangrove yang digunakan untuk menyimpan dan memperbarui informasi lokasi hasil survei lapangan. Informasi yang tersimpan meliputi nama lokasi, koordinat geografis, dan atribut pendukung lainnya. Fitur ini menjadi dasar dalam pembentukan peta distribusi mangrove pada sistem informasi geografis yang dikembangkan.

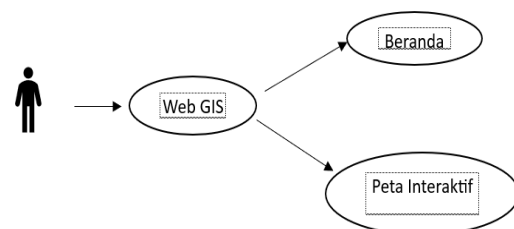
Usecase Diagram



Sumber: (Hasil Penelitian, 2026)

Gambar 7. Usecase Diagram Admin

Gambar 7 menggambarkan interaksi antara administrator dengan sistem. Administrator memiliki kewenangan untuk mengelola data mangrove, data jenis, dokumentasi foto, laporan, dan informasi spasial yang tersimpan dalam sistem. Diagram ini menunjukkan bahwa administrator berperan sebagai pengelola utama data dan bertanggung jawab terhadap validitas informasi yang tersedia.



Sumber: (Hasil Penelitian, 2026)

Gambar 8. Usecase Diagram User

Gambar 8 menunjukkan aktivitas pengguna umum dalam sistem. Pengguna dapat mengakses informasi lokasi mangrove, melihat peta interaktif, serta memperoleh informasi mengenai jenis dan kondisi mangrove tanpa harus melakukan autentikasi. Fitur ini mendukung penyebaran informasi lingkungan kepada masyarakat secara lebih luas dan mudah diakses.

Rencana Pengujian

Fase verifikasi sistem dilaksanakan dengan pendekatan *black box testing*, yang berorientasi pada pengujian perilaku eksternal aplikasi melalui validasi kesesuaian antara data masukan dan keluaran yang dihasilkan, tanpa melakukan inspeksi terhadap arsitektur maupun struktur internal kode sumber (Board, 2023), (Pressman, Roger S.; Maxim, 2024).

Tabel 2. Rencana Pengujian *Black Box*

No	Komponen Uji Sistem	Detail Pengujian
1	Login	Menguji apakah <i>system</i> dapat memverifikasi login admin / pengguna
2	Pengujian <i>input</i> data pohon	Isi semua field (nama, jenis, lokasi, foto)
3	Peta interaktif	Klik titik pohon di peta
4	Laporan dan statistik	Buka menu laporan

Sumber: (Hasil Penelitian, 2026)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem Informasi Geografis (SIG) yang dikembangkan berhasil memetakan lokasi vegetasi mangrove pada beberapa kawasan pesisir Kota Ternate dan Kota Tidore secara spasial dan terintegrasi. Berdasarkan hasil survei lapangan dan pencatatan koordinat menggunakan perangkat Global Positioning System (GPS), lokasi mangrove teridentifikasi pada Kelurahan Rua, Gambesi, dan Mangga Dua di Kota Ternate serta Kelurahan Rum Balibunga dan Mafututu di Kota Tidore.

Visualisasi data pada peta interaktif menunjukkan bahwa sebaran mangrove tidak merata pada seluruh wilayah pesisir. Konsentrasi tegakan mangrove yang relatif tinggi ditemukan pada kawasan pesisir Tidore, sedangkan beberapa lokasi di Ternate menunjukkan fragmentasi habitat akibat tekanan pembangunan kawasan pesisir (de Souza, Zreik, Salem-Sermanet, Seghouani, & Pourchier, 2026). Temuan ini menguatkan data sebelumnya yang menunjukkan terjadinya penurunan luasan mangrove di Kota Ternate dari 5,97 hektar pada tahun 2002 menjadi 2,51 hektar pada tahun 2022.

Hasil identifikasi lapangan menunjukkan keberadaan beberapa spesies mangrove utama yang mendominasi kawasan penelitian, yaitu *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Bruguiera parviflora*, *Ceriops tagal*, *Avicennia marina*, dan *Sonneratia alba*. Spesies *Rhizophora* ditemukan mendominasi area pesisir yang berhadapan langsung dengan gelombang laut karena memiliki sistem perakaran tunjang yang mampu menahan abrasi. Sementara itu, *Avicennia marina* dan *Sonneratia alba* lebih banyak ditemukan pada zona terluar yang memiliki substrat lumpur berpasir (Rahman, F. A.; Jumiati, 2022). Distribusi spesies tersebut menunjukkan adanya pola zonasi alami yang masih berlangsung pada sebagian wilayah penelitian.

Keberadaan beberapa jenis mangrove dalam satu lokasi mengindikasikan tingkat keanekaragaman vegetasi yang cukup baik dan berpotensi mendukung fungsi ekologis kawasan sebagai habitat biota pesisir, daerah pemijahan ikan, serta penyerap karbon biru (*blue carbon*) (Alongi, 2023). Data lapangan menunjukkan adanya variasi tingkat kerapatan vegetasi antar lokasi pengamatan. Kawasan yang masih relatif alami memperlihatkan kerapatan vegetasi yang tinggi dengan dominasi tegakan dewasa. Sebaliknya, kawasan yang berdekatan dengan aktivitas permukiman dan reklamasi menunjukkan kerapatan yang lebih rendah serta terdapat indikasi degradasi habitat.

Melalui SIG yang dikembangkan, informasi mengenai lokasi, jenis, dan kondisi vegetasi dapat divisualisasikan secara bersamaan sehingga memudahkan identifikasi area yang mengalami penurunan kualitas ekosistem. Informasi ini menjadi penting dalam menentukan prioritas rehabilitasi mangrove berdasarkan kondisi aktual di lapangan (Nations, 2023), (Nature, 2024). Hasil analisis spasial menunjukkan bahwa kawasan dengan tingkat fragmentasi tinggi dan kerapatan mangrove rendah dapat dikategorikan sebagai zona prioritas konservasi sehingga dapat menjadi dasar penyusunan strategi rehabilitasi oleh pemerintah daerah.

Salah satu kontribusi utama sistem yang dikembangkan adalah kemampuannya dalam mengidentifikasi zona konservasi prioritas. Berdasarkan hasil pemetaan spasial, lokasi yang memiliki kerapatan rendah, tingkat fragmentasi tinggi, serta berada dekat kawasan pembangunan pesisir dapat dikategorikan sebagai zona kritis yang membutuhkan tindakan konservasi segera. Melalui analisis spasial tersebut, pemerintah daerah dapat menentukan prioritas rehabilitasi mangrove secara lebih tepat sasaran dibandingkan pendekatan

konvensional yang hanya mengandalkan observasi manual. Sistem ini juga memungkinkan pemantauan perubahan kondisi mangrove secara berkala sehingga mendukung pengambilan keputusan berbasis data (evidence-based decision making) (Li, Songnian; Dragicevic, Suzana; Castro, 2022), (Tan & Wu, 2024).

Pengambilan koordinat lapangan dilakukan menggunakan perangkat GPS handheld dengan tingkat akurasi horizontal berkisar ± 3 hingga ± 5 meter pada kondisi cuaca normal dan area terbuka. Untuk meningkatkan reliabilitas data, setiap titik pengamatan direkam sebanyak tiga kali dan dilakukan perhitungan nilai rata-rata koordinat sebelum dimasukkan ke dalam basis data SIG. Validasi data dilakukan melalui proses verifikasi lapangan (ground checking) dengan membandingkan posisi titik hasil pengukuran terhadap kondisi aktual di lokasi (Yudistira & Vidayanti, 2025), (Zablan et al., 2024). Selain itu, identifikasi spesies mangrove dilakukan berdasarkan karakteristik morfologi batang, daun, akar, dan buah yang mengacu pada pedoman identifikasi mangrove nasional. Hasil validasi menunjukkan bahwa data spasial yang digunakan memiliki tingkat kesesuaian yang tinggi dengan kondisi lapangan sehingga layak digunakan sebagai dasar analisis dan pengambilan keputusan konservasi.

Berbeda dengan sistem pemetaan konvensional yang hanya menyimpan data dalam bentuk tabel atau dokumen terpisah, SIG yang dikembangkan mampu mengintegrasikan data lokasi, spesies, foto lapangan, dan atribut vegetasi dalam satu platform digital. Integrasi tersebut memungkinkan proses inventarisasi, monitoring, dan evaluasi kondisi mangrove dilakukan secara lebih efektif (Fu, 2023), (Heo, Choi, Shin, & Kwon, 2026). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai media visualisasi data, tetapi juga sebagai instrumen pendukung kebijakan lingkungan. Informasi spasial yang dihasilkan dapat digunakan oleh pemerintah daerah untuk menentukan lokasi rehabilitasi, mengawasi perubahan tutupan mangrove, serta menyusun strategi konservasi yang berkelanjutan dalam menghadapi ancaman degradasi ekosistem pesisir.

Meskipun penelitian ini hanya menggunakan dua puluh titik pengamatan pada tahap validasi prototipe, arsitektur Web GIS yang dikembangkan telah dirancang untuk mendukung inventarisasi mangrove dalam skala yang lebih besar. Struktur basis data relasional memungkinkan integrasi ribuan data tambahan tanpa memengaruhi kinerja sistem. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat dimanfaatkan sebagai

platform berkelanjutan untuk kegiatan pemantauan mangrove dan perencanaan konservasi di Kota Ternate dan Kota Tidore.

Analisis Sebaran Spasial Mangrove

Hasil pemetaan menunjukkan bahwa distribusi mangrove pada wilayah penelitian tidak tersebar secara merata. Konsentrasi vegetasi mangrove relatif lebih tinggi pada kawasan pesisir yang masih memiliki kondisi lingkungan alami dan minim tekanan pembangunan. Sebaliknya, beberapa lokasi yang berdekatan dengan kawasan permukiman dan aktivitas pembangunan pesisir menunjukkan tingkat kerapatan vegetasi yang lebih rendah.

Pola distribusi tersebut mengindikasikan adanya pengaruh aktivitas antropogenik terhadap kondisi ekosistem mangrove. Fragmentasi habitat yang ditemukan pada beberapa titik pengamatan berpotensi menurunkan fungsi ekologis mangrove sebagai pelindung pantai, habitat biota pesisir, serta penyerap karbon biru (blue carbon) (Alongi, 2023).

Berdasarkan hasil visualisasi spasial, sistem yang dikembangkan mampu mengidentifikasi lokasi-lokasi yang memiliki tingkat kerentanan lebih tinggi terhadap degradasi lingkungan. Informasi ini dapat digunakan sebagai dasar dalam penentuan prioritas rehabilitasi, pengawasan kawasan pesisir, dan perencanaan konservasi mangrove secara berkelanjutan oleh pemerintah daerah maupun pihak terkait.

Web GIS yang dikembangkan tidak hanya memfasilitasi visualisasi spasial, tetapi juga mendukung pengambilan keputusan berbasis data (evidence-based decision making) dalam kegiatan rehabilitasi mangrove, penentuan prioritas kawasan konservasi, serta pemantauan lingkungan secara berkelanjutan (Fu, 2023), (Li, Songnian; Dragicevic, Suzana; Castro, 2022).

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Putra, R.D.; Napitupulu, H.S.; Nugraha (2022) dan Hidayah et al. (2023) yang menunjukkan bahwa teknologi geospasial memiliki kemampuan yang baik dalam mendukung pemetaan dan monitoring ekosistem mangrove. Namun demikian, penelitian ini menawarkan kontribusi tambahan berupa integrasi data lapangan berbasis GPS, identifikasi spesies, dokumentasi visual, serta visualisasi spasial interaktif dalam satu platform Web GIS. Integrasi tersebut memungkinkan proses monitoring dan pengambilan keputusan konservasi dilakukan secara lebih cepat, akurat, dan berkelanjutan dibandingkan pendekatan pemetaan konvensional yang hanya menghasilkan peta distribusi vegetasi.

Evaluasi Kuantitas Sistem

Evaluasi sistem dilakukan menggunakan metode Black Box Testing terhadap seluruh fungsi utama yang tersedia pada aplikasi. Pengujian dilakukan pada fitur autentikasi pengguna, pengelolaan data mangrove, pengelolaan data jenis pohon, visualisasi peta interaktif, serta pembuatan laporan.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pengujian Sistem

No	Fitur Sistem	Status
1	Login Admin	Berhasil
2	Input data mangrove	Berhasil
3	Pengelolaan Data Jenis	Berhasil
4	Visualisasi peta interaktif	Berhasil
5	Pencarian Data Lokasi	Berhasil
6	Pembuatan Laporan	Berhasil

Sumber: (Hasil Penelitian, 2026)

Sistem ini dapat dimanfaatkan oleh pemerintah daerah, Dinas Lingkungan Hidup, BKSDA, akademisi, maupun masyarakat sebagai platform inventarisasi mangrove berbasis web yang mendukung monitoring, rehabilitasi, dan pengambilan keputusan konservasi secara berkelanjutan

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini diantaranya Sistem Informasi Geografis yang dikembangkan mampu memvisualisasikan distribusi spasial mangrove di Kota Ternate dan Kota Tidore secara presisi melalui integrasi HTML, PHP, JavaScript, LeafletJS, dan basis data MySQL, sehingga mendukung representasi koordinat dan atribut vegetasi secara interaktif. Penerapan metode Prototype memungkinkan pengembangan sistem secara iteratif berbasis umpan balik pengguna (Pressman, Roger S.; Maxim, 2024), dan hasil black box testing menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama berjalan sesuai spesifikasi yang ditetapkan. Selain itu, sistem berhasil mengidentifikasi zona prioritas konservasi berdasarkan hasil analisis spasial sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan rehabilitasi mangrove. Secara fungsional, sistem ini berperan sebagai instrumen pendukung pengelolaan data lingkungan berbasis spasial yang efektif, serta relevan sebagai landasan pengambilan keputusan dalam konservasi dan perencanaan kawasan pesisir (Li, Songnian; Dragicevic, Suzana; Castro, 2022). Penelitian selanjutnya diarahkan pada integrasi citra drone, data penginderaan jauh berbasis satelit, serta penambahan jumlah data hasil survei lapangan untuk meningkatkan akurasi spasial dan

mendukung sistem pemantauan ekosistem mangrove yang lebih komprehensif.

REFERENSI

- Administration, N. O. and A. (2023). *Global Positioning System (GPS) Accuracy*. Retrieved from <https://www.noaa.gov/>
- Alongi, D. M. (2023). *Blue Carbon Ecosystems* (1st ed.). Cham, Switzerland: Springer.
- Board, I. S. T. Q. (2023). *ISTQB Foundation Level Syllabus v4.0*. Retrieved from <https://www.istqb.org/%0A>
- de Souza, L. J. V., Zreik, I. V. R., Salem-Sermanet, A., Seghouani, N., & Pourchier, L. (2026). A Deep Learning-Based Approach for Mangrove Monitoring. *ArXiv, 2560 CCIS*, 242–253. https://doi.org/10.1007/978-3-032-25311-8_20
- Dharmawan, E. A. (2023). Perancangan Sistem Informasi Geografis Penyebaran Daerah Zonasi Mangrove Di Pulau Ambon. *Jurnal ELKO (Elektrikal Dan Komputer)*, 4(1), 283–290. <https://doi.org/10.54463/je.v4i1.75>
- Fu, P. (2023). *Getting to Know Web GIS* (5th ed.). Redlands, CA: Esri Press.
- Heo, J., Choi, B., Shin, H., & Kwon, D. (2026). *MANGO: A Global Single-Date Paired Dataset for Mangrove Segmentation*. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/2601.17039>
- Hidayah, Z., Rachman, H. A., & As-Syakur, A. R. (2023). Pemetaan kondisi hutan mangrove di kawasan pesisir Selat Madura dengan pendekatan Mangrove Health Index memanfaatkan citra satelit Sentinel-2. *Majalah Geografi Indonesia*, 37(1), 84. <https://doi.org/10.22146/mgi.78136>
- Li, Songnian; Dragicevic, Suzana; Castro, F. (2022). *Web GIS for Environmental Management*. Cham, Switzerland: Springer.
- Nations, F. and A. O. of the U. (2023). *The World's Mangroves 2000–2020*. Rome, Italy. Retrieved from <https://www.fao.org/>
- Nature, I. U. for C. of. (2024). *Mangrove Conservation and Restoration*. Retrieved from <https://www.iucn.org/>
- Pressman, Roger S.; Maxim, B. R. (2024). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (10th ed.). New York, NY: McGraw-Hill Education.
- Putra, R.D.; Napitupulu, H.S.; Nugraha, A. H. (2022). Pemetaan Luasan Hutan Mangrove dengan Menggunakan Citra Satelit di Pulau Mapur Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(1).
- Rahman, F. A.; Jumiati, J. (2022). Strategi Pengelolaan Ekosistem Mangrove

- Berkelanjutan di Wilayah Pesisir. *Journal of Tropical Marine Science*, 5(1), 45–54.
- Rustam, E.P.; Achmad, M.D.; Marus, I.; Baddu, S. (2022). Status dan Spasial Temporal Hutan Mangrove di Pulau Ternate. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 5(2).
- Solikhah, F.; Minsaris, L.O.A.; Ariawan, I. (2024). Pemetaan Distribusi Luasan Mangrove Menggunakan Metode Maximum Likelihood. *Jurnal Penelitian Pendidikan Geografi*, 9(1).
- Sommerville, I. (2023). *Software Engineering* (11th ed.). London, UK: Pearson.
- Survey, U. S. G. (2022). *Global Positioning System (GPS) Data Collection*. Retrieved from <https://www.usgs.gov/>
- Tan, L., & Wu, H. (2024). Artificial Intelligence Mangrove Monitoring System Based on Deep Learning and Sentinel-2 Satellite Data in the UAE (2017-2024). *ArXiv*, 1–17. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/2411.11918>
- Tihurua, E. F., Rahmawati, K., Agustiani, E. L., & Ardhiyani, M. (2023). LEAF ANATOMICAL CHARACTERS OF SEVERAL TRUE Leaf Anatomical Characters of Several True. *Berita Biologi*, 22(1), 111–128. Retrieved from https://ejournal.brin.go.id/berita_biologi/article/view/802/493
- Winarno, T. (2022). Tidore, Pemantauan dan Pemetaan Mangrove Menggunakan Penginderaan Jauh dan SIG di Pesisir Kota. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(1).
- Yudistira, M. P., & Vidayanti, V. (2025). Decadal Changes in Mangrove Canopy Cover and Carbon Stock in Jati Papak, Alas Purwo National Park, Integrating Satellite and Ground-Check Approaches. *Berkala Penelitian Hayati*, 31(2), 129–136. Retrieved from <https://www.berkalahayati.org/index.php/jurnal/article/view/851>
- Zablan, C. D. C., Bantay, K. M., Blanco, A. C., Bedi, A. M., Fargas, D. C., & Candido, C. G. (2024). Validating The Philippine Mangrove Map 2023 through Capacity Building and Crowdsourcing. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 10(5), 243–250. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-X-5-2024-243-2024>