Fakultas Teknik,
Universitas Wijaya Kusuma Surabaya
E-ISSN: 3090-1154
2024

Studi Kelayakan Pengembangan Sistem Informasi Geografis Area Ekowisata Mangrove Surabaya

Rizky Maulana Sobirin[*1], Tjatursari Widiartin[2]

[1,2] Program Studi Informatika Universitas Wijaya Kusuma Surabaya
Email: [1]rizkymaulanass13@gmail.com, [2]widiartin@gmail.com
*Penulis Korespondensi

Abstrak

Latar Belakang. Ekosistem mangrove memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan pesisir, mendukung keanekaragaman hayati, dan melindungi pantai dari abrasi. **Permasalahan.** Di sisi lain, pengelolaan ekosistem mangrove untuk tujuan ekowisata memerlukan pendekatan yang hati-hati agar keberlanjutan ekosistem tetap terjaga. **Tujuan.** Pada makalah ini akan dibahas studi pendahuluan mengenai pengembangan Sistem Informasi Geografis pada area ekowisata Mangrove agar menjadi salah satu alat yang efektif untuk melakukan pemetaan dan monitoring area konservasi mangrove, dengan menyediakan informasi spasial yang akurat dan *real-time* bagi pemangku kepentingan. Pengembangkan Sistem Informasi Geografis berbasis teknologi digunakan untuk pemantauan lingkungan real-time untuk mendukung pengelolaan dan konservasi kawasan mangrove dalam ekowisata. **Metode**. Pelaksanaan studi pendahuluan meliputi pengumpulan data spasial dan non- spasial, pengembangan prototipe sistem GIS. **Hasil.** Berdasarkan hasil studi pendahuluan dapat diketahui bahwa pemgembangan Sistem Informasi Geografis di area Ekosistem Mangrove sangat layak ditinjau dari kebutuhan pengguna dan teknologi yang berkembang saat ini, yaitu meliputi teknologi seperti pengindraan jauh, GPS, IoT, dan *cloud computing*. Teknologi tersebut sangat penting dalam meningkatkan efisiensi monitoring dan konservasi ekosistem mangrove.

Kata kunci: Ekowisata, Mangrove, Monitoring, Real Time, Sistem Informasi Geografis

Abstract

Background. *The mangrove ecosystem plays a crucial role in maintaining coastal environmental balance, supporting biodiversity, and protecting shorelines from erosion.* ***Problem Statement****. On the other hand, managing the mangrove ecosystem for ecotourism purposes requires a careful approach to ensure the sustainability of the ecosystem.* ***Objective***. *This paper presents a preliminary study on the development of a Geographic Information System (GIS) for mangrove ecotourism areas as an effective tool for mapping and monitoring mangrove conservation areas. The system aims to provide accurate and real-time spatial information for stakeholders. The development of a GIS-based technology is utilized for real-time environmental monitoring to support the management and conservation of mangrove areas in ecotourism.* ***Methodology***. *The preliminary study involves the collection of spatial and non-spatial data, as well as the development of a GIS prototype.* ***Result****. Based on the preliminary study results, it can be concluded that the development of a Geographic Information System in the Mangrove Ecosystem area is highly feasible from both user needs and current technological advancements. These include technologies such as remote sensing, GPS, IoT, and cloud computing, which are essential for enhancing the efficiency of mangrove ecosystem monitoring and conservation.*

Keywords*: Ecotourism, Mangrove, Monitoring, Real Time, Geographic Information System*

I. PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove di wilayah pesisir memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem pantai dan memberikan perlindungan alami dari abrasi [1]. Di samping fungsinya sebagai habitat bagi berbagai spesies pesisir, kawasan mangrove memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai tujuan ekowisata, yang tidak hanya meningkatkan ekonomi masyarakat lokal tetapi juga meningkatkan kesadaran lingkungan [2]. Di wilayah Mulyorejo, Surabaya, kawasan mangrove menjadi pusat ekowisata yang penting. Namun, tingginya kunjungan wisatawan dan aktivitas manusia lainnya sering kali menyebabkan gangguan ekosistem yang mengancam kelestarian kawasan tersebut [3].

Pengembangan Sistem Informasi Geografis (GIS) sebagai alat pemetaan dan monitoring area konservasi mangrove menjadi semakin penting untuk mendukung pengelolaan yang berkelanjutan [4]. Dengan teknologi GIS, data spasial yang diperoleh dapat dianalisis untuk menilai kondisi ekosistem mangrove secara berkala, sehingga pemantauan area konservasi dapat dilakukan dengan lebih akurat [5] Teknologi ini juga dapat membantu pemangku kepentingan dalam membuat keputusan berbasis data, sehingga pengelolaan kawasan mangrove sebagai objek ekowisata dapat berjalan lebih efektif dan tetap berkelanjutan.

Di dalam makalah ini akan dijabarkan studi pendahuluan untuk mengembangkan sistem GIS yang dapat mendukung pemetaan dan monitoring ekosistem mangrove di Mulyorejo, Surabaya. Sistem ini diharapkan mampu memberikan informasi kondisi mangrove yang akurat dan *real-time*, sehingga dapat mendukung kegiatan pemantauan dan pemeliharaan kawasan konservasi oleh pengelola ekowisata dan masyarakat setempat.

II. METODE PENELITIAN

Metode yang akan dilakukan di dalam melakukan studi pendahuluan untuk mengembangkan sistem GIS yang dapat mendukung pemetaan dan monitoring ekosistem mangrove di Mulyorejo, Surabaya adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data
   a. Data Spasial: Data spasial akan dikumpulkan melalui teknologi pengindraan jauh (remote sensing), seperti citra satelit atau drone, serta data geografis yang tersedia dari instansi terkait. Data ini mencakup peta topografi, jenis vegetasi, dan distribusi mangrove.
   b. Data Non-Spasial: Data ini diperoleh melalui wawancara dengan pemangku kepentingan, seperti pengelola ekowisata, pemerintah daerah, dan masyarakat lokal. Informasi yang dikumpulkan mencakup tantangan pengelolaan mangrove, tingkat kesadaran masyarakat, dan potensi ekonomi ekowisata.
2. Pra-perencanaan Pengembangan Prototipe GIS
   a. Sistem GIS akan dirancang dengan memanfaatkan perangkat lunak GIS seperti ArcGIS atau QGIS, serta integrasi dengan teknologi Internet of Things (IoT) untuk pemantauan real-time.
   b. Teknologi sensor digunakan untuk mengukur parameter lingkungan, seperti kualitas air, suhu, dan kelembapan tanah.
3. Mekanisme dan Teknik Uji Coba Sistem GIS
   Prototipe diuji di lapangan pada area konservasi mangrove di Mulyorejo, Surabaya. Uji coba melibatkan pengumpulan data lapangan untuk mengukur akurasi dan efektivitas sistem dalam pemantauan kondisi mangrove.
4. Teknik Analisis dan Evaluasi
   a. Data hasil implementasi sistem GIS dianalisis untuk mengevaluasi akurasi peta, efektivitas pemantauan, dan keberlanjutan sistem dalam mendukung pengelolaan ekowisata berbasis mangrove.
   b. Evaluasi melibatkan umpan balik dari pengguna sistem, termasuk pengelola ekowisata dan masyarakat setempat.
5. Peningkatan fitur tambahan
   Sistem yang dikembangkan dilengkapi dengan fitur interaktif berbasis web atau aplikasi, yang memungkinkan masyarakat berpartisipasi dalam pelaporan kondisi mangrove dan kegiatan konservasi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Bahan Kajian

Sebagai pedoman untuk melaksanakan sebuah studi pendahuluan untuk mengembangkan sistem GIS yang dapat mendukung pemetaan dan monitoring ekosistem mangrove di Mulyorejo, Surabaya, maka harus diketahui beberapa bahan kajian berkaitan dengan hal dan permasalahan yang dihadapi oleh Ekosistem mangrove Surabaya. Berikut beberapa bahan kajian yang akan diselidi:

1. Bagaimana kondisi ekosistem mangrove di Mulyorejo, Surabaya saat ini ?
2. Apa saja tantangan dalam pemantauan dan pengelolaan area konservasi mangrove secara berkelanjutan di Mulyorejo ?
3. Bagaimana Sistem Informasi Geografis (GIS) dapat mendukung pemetaan dan monitoring area konservasi mangrove secara efisien ?
4. Bagaimana sistem GIS berbasis teknologi pemantauan real-time dapat diterapkan untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan ekowisata mangrove di Mulyorejo ?
5. Bagaimana sistem yang dikembangkan dapat meningkatkan partisipasi masyarakat lokal dalam upaya konservasi dan monitoring mangrove ?

3.2 Hasil *User Requirement*

Pada hasil studi pendahuluan untuk mengembangkan sistem GIS yang dapat mendukung pemetaan dan monitoring ekosistem mangrove di Mulyorejo, Surabaya. Maka diperoleh beberapa hasil *user requiement* sebagai berikut:

1. Menganalisis kondisi dan distribusi ekosistem mangrove di kawasan konservasi Mulyorejo, Surabaya.
2. Mengidentifikasi tantangan dan kebutuhan dalam pemantauan serta pengelolaan ekosistem mangrove secara berkelanjutan.
3. Mengembangkan prototipe Sistem Informasi Geografis (GIS) yang dapat melakukan pemetaan dan monitoring area konservasi mangrove berbasis teknologi real-time.
4. Mengintegrasikan teknologi sensor untuk pemantauan kondisi lingkungan di kawasan mangrove secara real-time.
5. Menyediakan platform informasi berbasis GIS bagi masyarakat dan pengelola ekowisata untuk meningkatkan kesadaran dan keterlibatan dalam konservasi mangrove.
6. Mengevaluasi efektivitas sistem yang dikembangkan dalam mendukung pengelolaan ekowisata berbasis konservasi.

3.3 Hasil Tinjauan Awal Kebermanfaatan Sistem

Pada hasil studi pendahuluan untuk mengembangkan sistem GIS yang dapat mendukung pemetaan dan monitoring ekosistem mangrove di Mulyorejo, Surabaya. Maka diperoleh beberapa hasil tinjauan awal kebermanfaatan Sistem sebagai berikut:

1. Memberikan Data Spasial Akurat untuk Pengelolaan Ekosistem Mangrove.
2. Mempermudah Pemantauan dan Konservasi Berkelanjutan.
3. Meningkatkan Kesadaran dan Keterlibatan Masyarakat dalam Konservasi.
4. Memperkuat Kolaborasi antara Pemerintah, Pengelola Ekowisata, dan Lembaga Konservasi.

3.4 Hasil Kebutuhan Teori Pendukung Sistem

Sistem Informasi Geografis (GIS)

Sistem Informasi Geografis (*Geographic Information System*, GIS) adalah teknologi yang memungkinkan pengumpulan, pengolahan, analisis, dan visualisasi
data spasial atau data geografis [6]. GIS memungkinkan pengguna untuk mengidentifikasi hubungan spasial, memetakan data secara akurat, serta melakukan analisis berbasis lokasi yang berguna untuk pengambilan keputusan di berbagai bidang, seperti perencanaan tata ruang, pengelolaan sumber daya alam, mitigasi bencana, hingga penelitian lingkungan [7]. Komponen utama GIS meliputi perangkat keras (komputer dan perangkat sensor), perangkat lunak, data geografis, serta metode analisis data spasial.
Perkembangan GIS dimulai sejak tahun 1960-an ketika ide untuk mengelola data spasial secara digital pertama kali muncul. Salah satu tonggak awalnya adalah "*Canada Geographic Information System*" (CGIS) yang dibangun pada 1963 untuk membantu analisis data lahan di Kanada [8]. Sejak itu, GIS berkembang pesat didukung kemajuan teknologi komputer, sistem satelit, serta internet yang memudahkan akses dan penyebaran data spasial . Pada awal 2000-an, GIS mulai diintegrasikan dengan teknologi lain seperti GPS dan pengindraan jauh, memperluas penerapannya di berbagai bidang termasuk perencanaan kota, pelestarian lingkungan, dan pengelolaan bencana dengan teknologi yang mendukung GIS :

1. Pengindraan Jauh (*Remote Sensing*), Penginderaan jauh menggunakan satelit dan drone untuk mengumpulkan data dari permukaan bumi. Data ini memberikan pandangan luas dan terperinci yang

sangat berguna untuk pemetaan dan monitoring wilayah tertentu, seperti kawasan mangrove atau wilayah rawan bencana

2. *Global Positioning System* (GPS), GPS adalah teknologi yang memungkinkan penentuan posisi di permukaan bumi dengan akurasi tinggi, sering diintegrasikan dengan GIS untuk membantu perekaman data posisi yang presisi. Teknologi GPS memungkinkan aplikasi GIS dalam navigasi, logistik, serta pemantauan lingkungan dan tata kota .
3. *Internet of Things* (IoT), IoT menjadi komponen penting dalam GIS modern, memungkinkan sensor untuk terus memantau dan mengirimkan data real-time ke sistem GIS. Contoh aplikasinya adalah sensor kualitas air atau kelembapan tanah yang digunakan dalam monitoring lingkungan seperti kawasan mangrove.
4. *Big Data* dan *Cloud Computing*, Perkembangan data besar dan komputasi awan memungkinkan pengelolaan dan analisis data spasial dalam jumlah besar secara efisien. Cloud GIS mempermudah akses data spasial secara real-time, baik untuk individu maupun organisasi, memungkinkan kolaborasi yang lebih luas dalam pengelolaan data spasial.
5. Machine Learning dan Kecerdasan Buatan (AI), Algoritma *machine learning* dan AI kini banyak diterapkan untuk menganalisis data spasial secara otomatis, mengidentifikasi pola yang tidak terlihat secara langsung, seperti perubahan vegetasi atau urbanisasi. Teknologi ini memudahkan proses analisis data spasial yang kompleks dan menghasilkan keputusan yang lebih akurat.

Berikut adalah pembahasan bagaimana GIS diterapkan dalam studi konservasi lingkungan serta pemetaan wilayah berdasarkan konsep dasar, teknologi pendukung, dan penelitian terkini.

1. Aplikasi GIS dalam Konservasi Lingkungan

GIS digunakan secara luas dalam berbagai inisiatif konservasi lingkungan, terutama untuk mengidentifikasi, memetakan, dan memantau kondisi ekosistem alami. Di bidang konservasi mangrove, GIS berperan penting dalam pemetaan persebaran mangrove, pemantauan perubahan luas areal mangrove, serta deteksi dini terhadap area yang mengalami degradasi. Penelitian menunjukkan bagaimana GIS membantu konservasi ekosistem mangrove dengan menyediakan data spasial yang akurat, sehingga dapat digunakan untuk perencanaan konservasi dan pemulihan lingkungan yang rusak. Dengan teknologi pengindraan jauh, data citra satelit yang diintegrasikan dalam GIS dapat menunjukkan perubahan vegetasi, yang penting untuk mengetahui tingkat kerusakan atau keberhasilan program rehabilitasi.

Selain itu, GIS juga digunakan untuk memonitor biodiversitas di kawasan konservasi alam lainnya, seperti kawasan hutan, taman nasional, dan terumbu karang mencatat bahwa penggunaan GIS yang diintegrasikan dengan *Internet of Things* (IoT) dan sensor lingkungan dapat memberikan data real-time mengenai kualitas udara, suhu, dan kelembapan, yang sangat penting untuk monitoring kondisi lingkungan secara berkelanjutan.

2. GIS dalam Pemetaan Wilayah dan Tata Kelola Ruang

GIS juga berperan dalam pemetaan wilayah, yang sangat penting dalam perencanaan tata ruang dan pembangunan berkelanjutan. GIS membantu dalam mengidentifikasi area yang rentan terhadap bencana alam, seperti banjir, gempa, dan tanah longsor, sehingga memungkinkan pengambilan langkah mitigasi yang lebih terarah. mengemukakan bahwa GIS digunakan dalam perencanaan tata ruang dengan mengintegrasikan data spasial seperti topografi, penggunaan lahan, dan data demografis untuk menghasilkan rencana tata ruang yang lebih adaptif terhadap potensi risiko bencana.

GIS mempermudah analisis spasial yang berhubungan dengan pemanfaatan lahan, baik untuk keperluan konservasi, pemetaan wilayah pertanian, maupun pengembangan infrastruktur. Teknologi *cloud computing*, seperti yang diteliti oleh memungkinkan GIS untuk diakses dan dianalisis secara lebih cepat dan kolaboratif, bahkan dalam proyek berskala besar seperti pemetaan nasional atau regional.

3. Penerapan GIS dalam Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Ekowisata

Dalam pengelolaan sumber daya alam, GIS digunakan untuk memantau penggunaan lahan, mengidentifikasi area yang sesuai untuk budidaya atau perlindungan, serta mengelola sumber daya air. Di sektor ekowisata, GIS dimanfaatkan untuk merancang rute ekowisata yang tidak mengganggu area

konservasi inti, serta memberikan panduan bagi wisatawan untuk memahami lokasi yang dilindungi atau area berisiko. Menyebutkan bahwa pemanfaatan GIS dalam manajemen perubahan iklim juga sangat relevan, karena mampu mengidentifikasi area yang paling rentan terhadap perubahan suhu dan kondisi iklim ekstrem. GIS memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai pola perubahan iklim lokal maupun regional, sehingga dapat diintegrasikan dalam perencanaan konservasi maupun mitigasi.

4. GIS dan Peran Teknologi Pendukung dalam Studi Konservasi

Teknologi yang mendukung GIS, seperti pengindraan jauh, GPS, IoT, dan kecerdasan buatan (AI), memperkuat analisis data spasial dalam studi lingkungan. Teknologi pengindraan jauh menggunakan satelit atau drone memungkinkan pemantauan wilayah dalam cakupan luas tanpa harus melakukan survei langsung ke lapangan mencatat bahwa teknologi pengindraan jauh yang terintegrasi dalam GIS dapat mendeteksi perubahan vegetasi atau permukaan tanah yang disebabkan oleh aktivitas manusia atau perubahan alamiah, yang sangat berguna dalam upaya pelestarian lingkungan.

Sementara itu, algoritma *machine learning* dan AI yang digunakan dalam GIS membantu mengidentifikasi pola yang sulit diamati secara manual, seperti degradasi hutan secara bertahap atau peningkatan erosi di kawasan pesisir. Teknologi ini memberikan analisis berbasis pola data yang dapat menjadi indikator awal untuk mengidentifikasi potensi kerusakan lingkungan sebelum terjadi degradasi yang signifikan.

3.5 Hasil Studi Awal Kondisi Ekosistem Mangrove

Ekosistem mangrove adalah area yang ditumbuhi oleh tanaman khas mangrove dan umumnya terdapat di wilayah pesisir yang terkena pasang surut air laut. Mangrove memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem pantai, terutama di negara kepulauan seperti Indonesia. Beberapa jenis mangrove utama yang ada di Indonesia termasuk *Rhizophora, Avicennia, Sonneratia, Bruguiera*, dan *Ceriops*, masing-masing memiliki karakteristik unik yang mendukung fungsinya dalam melindungi pantai dari abrasi dan badai laut. Jenis-Jenis Mangrove :

1. *Rhizophora spp*, memiliki akar tunjang yang kuat, spesies ini sangat efektif dalam melindungi garis pantai dari erosi. Biasanya tumbuh di bagian depan hutan mangrove, yang langsung bersentuhan dengan pasang surut air laut.
2. *Avicennia spp,* dikenal dengan akar pensil (*pneumatofor*) yang tumbuh vertikal ke atas, Avicennia biasanya hidup di wilayah yang lebih kering dan membantu mengikat sedimen.
3. *Sonneratia spp*, memiliki akar yang menyerupai corong, tanaman ini berperan besar dalam menjaga stabilitas tanah di lingkungan berlumpur.
4. *Bruguiera spp,* jenis ini memiliki akar lutut dan tumbuh di wilayah yang terlindungi dari arus pasang surut yang kuat.
5. *Ceriops spp*, sering ditemukan di bagian tengah hingga belakang hutan mangrove, dengan akar yang tumbuh ke samping untuk menstabilkan tanah.

Manfaat Ekologi, Ekonomi, dan Sosial Mangrove :

1. Manfaat Ekologi, mangrove berfungsi sebagai pelindung alami yang mengurangi abrasi pantai, menahan gelombang badai, serta menyaring polutan dari air laut. Selain itu, ekosistem ini menjadi habitat penting bagi berbagai spesies ikan, burung, dan organisme lainnya yang menjadi bagian dari rantai makanan di ekosistem pesisir.
2. Manfaat Ekonomi, mangrove menyediakan sumber daya langsung seperti kayu bakar, obat-obatan, dan madu, serta mendukung industri perikanan dengan menyediakan habitat pemijahan bagi berbagai spesies ikan dan krustasea. Ekosistem ini juga dapat dikembangkan menjadi kawasan ekowisata yang potensial, menarik wisatawan yang tertarik dengan keindahan dan keunikan ekosistem pesisir.
3. Manfaat Sosial, mangrove memberikan manfaat sosial berupa peningkatan kualitas hidup Masyarakat pesisir melalui kegiatan ekonomi berkelanjutan seperti perikanan dan ekowisata. Ekosistem ini juga penting untuk pendidikan lingkungan, yang dapat meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya konservasi pesisir.

Tantangan Konservasi Mangrove di Indonesia dan Dunia

Konservasi mangrove menghadapi banyak tantangan, baik di Indonesia maupun di berbagai negara lain, antara lain:

1. Penggundulan Hutan untuk Akuakultur dan Pembangunan Konversi lahan mangrove menjadi tambak atau perkebunan kelapa sawit menyebabkan penurunan area mangrove secara drastis. Di Indonesia, konversi ini sering tidak diiringi dengan langkah-langkah mitigasi yang memadai, yang mengakibatkan degradasi lingkungan yang parah.
2. Pencemaran Lingkungan, Limbah industri dan domestik yang masuk ke area mangrove menyebabkan penurunan kualitas air dan tanah, yang memengaruhi kesehatan vegetasi mangrove serta organisme yang hidup di dalamnya. Pencemaran air oleh plastik dan logam berat menjadi ancaman yang signifikan terhadap keberlanjutan ekosistem ini.
3. Perubahan Iklim dan Kenaikan Permukaan Laut, kenaikan permukaan laut akibat perubahan iklim memengaruhi ekosistem mangrove dengan mengubah salinitas air serta meningkatkan risiko abrasi. Mangrove yang tidak mampu beradaptasi dengan kondisi salinitas tinggi berpotensi mengalami kematian, yang akan berpengaruh terhadap biodiversitas lokal.
4. Kurangnya Kesadaran dan Edukasi Masyarakat, tingkat kesadaran masyarakat yang masih rendah mengenai pentingnya ekosistem mangrove dan minimnya inisiatif edukasi dari pemerintah mengakibatkan upaya konservasi tidak selalu mendapat dukungan yang optimal. Dalam beberapa kasus, kegiatan yang merusak seperti penebangan pohon mangrove masih terus dilakukan.

Ekowisata berbasis mangrove dapat menjadi solusi untuk menjaga kelestarian ekosistem mangrove sekaligus mendukung ekonomi masyarakat sekitar. Dengan adanya ekowisata, masyarakat lokal memiliki kesempatan untuk memperoleh penghasilan melalui kegiatan wisata tanpa harus merusak lingkungan. Wisata edukasi mengenai pentingnya mangrove dalam ekosistem pesisir juga dapat meningkatkan kesadaran konservasi bagi wisatawan.

Pentingnya keberlanjutan ekosistem mangrove dalam mendukung ekowisata tercermin dalam berbagai penelitian yang menekankan bahwa ekowisata harus berjalan seiring dengan perlindungan lingkungan. Sebagai contoh, menunjukkan bahwa pengembangan ekowisata mangrove di beberapa kawasan pesisir mampu mendorong kesadaran masyarakat akan pentingnya mangrove serta mendatangkan pendapatan ekonomi lokal. Selain itu, bahwa pengelolaan ekowisata yang berkelanjutan perlu didukung dengan regulasi yang jelas, partisipasi masyarakat, serta pemanfaatan teknologi seperti GIS untuk pemetaan dan pemantauan area konservasi.

IV. KESIMPULAN

Pengembangan Sistem Informasi Geografis (GIS) di Ekosistem berdasarkan hasil studi awal akan dapat dijadikan sebagai alat yang efektif untuk mendukung konservasi ekosistem mangrove dalam kegiatan ekowisata. Dengan kemampuan untuk memetakan dan memonitor area konservasi secara akurat dan *real-time*, GIS memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data yang mendukung pengelolaan lingkungan secara berkelanjutan. Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis teknologi, seperti pengindraan jauh, GPS, IoT, dan *cloud computing*, sangat penting dalam meningkatkan efisiensi monitoring dan konservasi ekosistem mangrove. Penelitian ini juga menyoroti pentingnya integrasi teknologi modern dalam sistem GIS untuk memaksimalkan dampaknya dalam pengelolaan lingkungan dan meningkatkan kesadaran publik terhadap pentingnya konservasi mangrove. Dengan pengembangan yang berkelanjutan, GIS dapat menjadi solusi inovatif dalam menghadapi tantangan konservasi dan ekowisata di masa depan.

REFERENSI

1. A. P. D. & W. Hakim, "Potensi Ekowisata Berbasis Konservasi Mangrove di Pesisir Indonesia," Journal of Coastal Environment and Tourism, pp. 44-52, 2021.
2. F. M. T. & A. Y. Sari, "Evaluasi Kondisi Lingkungan dan Potensi Ekowisata di Kawasan Konservasi Mangrove," Indonesian Journal of Environmental Geography, pp. 101-109, 2023.
3. D. N. M. & K. I. Setiawan, "Tantangan dan Solusi dalam Pengembangan Ekowisata Berbasis Mangrove," Asian Journal of Coastal Studies, pp. 83-91, 2022.

4. T. & W. R. Prasetya, "Aplikasi Sistem Informasi Geografis dalam Pengelolaan Ekosistem Mangrove," Indonesian Journal of Environmental Geography, pp. 101-109, 2023.
5. S. R. E. & W. H. Nugroho, "Integrasi Teknologi IoT dalam Pengelolaan dan Monitoring Ekosistem Mangrove Berkelanjutan," Journal of Environmental Technology, pp. 205-213, 2020.
6. A. & S. M. Hakim, "Teknologi GIS dalam Konservasi Lingkungan: Studi Kasus di Ekosistem Mangrove," Journal of Geographic Science and Environmental Studies, pp. 55-64, 2021.
7. D. A. M. & K. S. Suharto, "GIS untuk Perencanaan Tata Ruang dan Mitigasi Bencana," Geographic and Environmental Planning Journal, pp. 64-75, 2022.
8. R. & P. D. Yusuf, "Aplikasi GIS dalam Manajemen Lingkungan dan Perubahan Iklim," Environment and Spatial Analysis Journal, pp. 89-96, 2022.