RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS BERBASIS WEB (WebGIS) UNTUK INVENTARISASI DAN PEMETAAN POHON DI LINGKUNGAN UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

Proposal Tugas Akhir

Diajukan Oleh:

Raisul Amar

220705016

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi

Program Studi Teknologi Informasi

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY

BANDA ACEH

2026 M/1447 H

LEMBAR PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS BERBASIS WEB (WebGIS) UNTUK INVENTARISASI DAN PEMETAAN POHON DI LINGKUNGAN UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
dalam Ilmu/Program Studi Teknologi Informasi

Oleh:
RAISUL AMAR
220705016

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknologi Informasi

Disetujui Untuk Dimunaqasyahkan Oleh:

Pembimbing 1,	Pembimbing 2,
Ghufran Ibnu Yasa, M.T.	Dr. Muslich Hidayat, M.Si.
NIP. 198409262014030 05	NIP. 197903022008011008

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknologi Informasi

Malahayati, M.T.
NIP. 198301272015032003

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS BERBASIS WEB (WebGIS) UNTUK INVENTARISASI DAN PEMETAAN POHON DI LINGKUNGAN UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

TUGAS AKHIR

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan Dinyatakan Lulus
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S1)
Dalam Program Studi Teknologi Informasi

Pada Hari/Tanggal: Kamis, 10 September 2026 M
28 Rabiul Awal 1448 H
Di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir

Ketua,	Sekretaris,
Ghufran Ibnu Yasa, M.T.	**Dr. Muslich Hidayat, M.Si.**
NIP. 198409262014030 05	**NIP. 197903022008011008**
Penguji I,	Penguji II,
Dr. Hendri Ahmadian, M.I.M	**Malahayati, M.T.**
NIP. 198301042014031002	**NIP. 198301272015032003**

Mengetahui:
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Prof. Dr. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU
NIP.196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Raisul Amar

NIM : 220705016

Program Studi : Teknologi Informasi

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul : Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis Berbasis Web (WebGIS) Untuk Inventarisasi dan Pemetaan Sebaran Pohon di Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 10 September 2026

Yang Menyatakan

METERAI TEMPEL

Raisul Amar

ABSTRAK

Nama : Raisul Amar
NIM : 220705016
Program Studi : Teknologi Informasi
Judul : Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis Berbasis Web (WebGIS) untuk Inventarisasi dan Pemetaan Sebaran Pohon di Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Tanggal : 10 September 2026
Jumlah Halaman : 95
Pembimbing 1 : Ghufran Ibnu Yasa, M.T.
Pembimbing 2 : Dr. Muslich Hidayat, M.Si.

Pengelolaan inventarisasi pohon di lingkungan kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh saat ini masih dilakukan secara konvensional dan belum terintegrasi ke dalam basis data spasial yang terstruktur, sehingga menyulitkan proses pemantauan kawasan hijau. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis pohon dan membangun Sistem Informasi Geografis berbasis web (WebGIS) menggunakan framework CodeIgniter 4 dan library Leaflet.js guna mendigitalisasi inventarisasi dan pemetaan pohon di kawasan tersebut. Pengembangan sistem dilakukan menggunakan pendekatan rekayasa perangkat lunak dengan metode *Rapid Application Development* (RAD) yang mencakup tahap *requirement planning*, *user design*, *construction* , dan *cutover*. Pengumpulan data lapangan dilakukan melalui observasi langsung di delapan titik sampel untuk mencatat koordinat spasial menggunakan GPS smartphone, serta parameter biometrik pohon. Hasil pendataan lapangan mengidentifikasi 27 individu pohon yang terdiri atas 9 jenis spesies. Sistem WebGIS yang dibangun berhasil memvisualisasikan sebaran pohon dalam bentuk peta digital interaktif beserta fitur pengelolaan data (CRUD) untuk administrator. Pengujian fungsionalitas menggunakan metode Black Box menunjukkan bahwa seluruh fitur utama berjalan secara optimal dan sesuai dengan hasil yang diharapkan. Uji kelayakan melalui validasi ahli media memperoleh persentase rata-rata kelayakan total

sebesar 87,5%, yang masuk dalam kriteria "Sangat Valid". Dengan demikian, disimpulkan bahwa WebGIS inventarisasi dan pemetaan pohon ini sangat layak diimplementasikan sebagai sarana pendukung manajemen lanskap dan tata hijau di lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Kata Kunci: *WebGIS, Inventarisasi Pohon, Pemetaan Pohon, CodeIgniter 4, Leaflet.js, Rapid Application Development (RAD).*

ABSTRACT

Name : Raisul Amar
Student ID : 220705016
Study Program : Teknologi Informasi
Title : Design and Construction of a Web-Based Geographic Information System (WebGIS) for Tree Inventory and Distribution Mapping at UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Date : 10 September 2026
Number of Page : 95
Supervisor 1 : Ghufran Ibnu Yasa, M.T.
Supervisor 2 : Dr. Muslich Hidayat, M.Si.

Tree inventory management in the UIN Ar-Raniry Banda Aceh campus environment is currently still carried out conventionally and has not been integrated into a structured spatial database, thus complicating the process of monitoring green areas. This study aims to identify tree species and build a web-based Geographic Information System (WebGIS) using the CodeIgniter 4 framework and the Leaflet.js library to digitize tree inventory and mapping in the area. System development was carried out using a software engineering approach with the Rapid Application Development (RAD) method which includes the stages of requirement planning, user design, construction, and cutover. Field data collection was carried out through direct observation at eight sample points to record spatial coordinates using smartphone GPS, as well as tree biometric parameters. The results of field data collection identified 27 individual trees consisting of 9 types of species. The built WebGIS system successfully visualized tree distribution in the form of an interactive digital map along with data management features (CRUD) for administrators. Functional testing using the Black Box method showed that all main features ran optimally and in accordance with the expected results. The feasibility test through media expert validation obtained an average percentage of total feasibility of 87.5%, which falls into the "Very Valid" criteria. Thus, it is concluded that this WebGIS tree inventory and

mapping is very feasible to be implemented as a supporting tool for landscape management and green planning in the UIN Ar-Raniry Banda Aceh environment.

Keywords: *WebGIS, Tree Inventory, Tree Mapping, CodeIgniter 4, Leaflet.js, Rapid Application Development (RAD).*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim.

Puji syukur tak terhingga penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, serta kelancaran yang telah dilimpahkan-Nya. Berkat rida-Nya, penulis mampu menyelesaikan dokumen Tugas Akhir yang berjudul "Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis Berbasis Web (WebGIS) untuk Inventarisasi dan Pemetaan Sebaran Pohon di Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh". Penyusunan dokumen ini merupakan salah satu syarat akademis dalam pemenuhan mata kuliah Skripsi pada Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Terselesaikannya penyusunan proposal ini tentu tidak terlepas dari uluran tangan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya atas segala bimbingan, bantuan, serta dukungan moril maupun materiel yang telah diberikan, khususnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Bukhari dan Ibu Anizar, serta kakak kandung penulis, Salsabila Al-Chusna, atas segala curahan doa yang tak pernah putus serta dukungan moral maupun materiel yang menjadi sumber kekuatan utama bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Malahayati, M.T., dan Bapak Khairan AR, M.Kom., selaku Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknologi Informasi, atas segala arahan dan kebijakannya yang sangat mempermudah langkah penulis selama menempuh studi hingga tahap akhir penyusunan skripsi.
3. Bapak Ghufran Ibnu Yasa, M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik (PA) sekaligus Dosen Pembimbing I, atas segala kesabaran, waktu, dan ilmu yang telah dicurahkan dalam membina, mendampingi, serta mengarahkan penulis sejak awal masa perkuliahan hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Muslich Hidayat, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan masukan konstruktif,

koreksi mendetail, serta bimbingan teknis yang sangat berharga sehingga penelitian ini dapat terarah dan rampung dengan baik.

5. Ibu Cut Ida Rahmadiana, S.Si., selaku Staf Administrasi Program Studi Teknologi Informasi, atas ketulusan dan kesigapannya dalam memfasilitasi segala kebutuhan birokrasi sehingga proses perkuliahan dan administrasi tugas akhir penulis dapat berjalan dengan lancar.
6. Seluruh staf pengajar di lingkungan Program Studi Teknologi Informasi, atas dedikasi dan bekal ilmu pengetahuan tak ternilai yang telah diajarkan dan dibagikan kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Program Studi Teknologi Informasi Angkatan 2022, atas segala bentuk dorongan semangat, solidaritas, memori kebersamaan, serta kolaborasi dan bantuan teknis yang sangat berarti dari awal masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.

Dalam proses penyusunannya, penulis menyadari sepenuhnya bahwa karya tulis ini masih memiliki banyak kekurangan akibat keterbatasan wawasan maupun pengalaman yang penulis miliki. Dengan segala kerendahan hati, penulis sangat mengharapkan masukan, kritik, dan saran yang konstruktif agar laporan ini dapat disempurnakan pada tahap pengembangan selanjutnya.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat diterima, disetujui, dan penelitian yang akan dilaksanakan memberikan manfaat yang baik bagi penulis, almamater, maupun bagi pengembangan ilmu pengetahuan. Amiin ya Rabbal 'Alamin.

جامعة الرانري
AR-RANIRY

Banda Aceh, 10 September 2026
Penulis,

Raisul Amar
NIM. 220705016

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN i

LEMBAR PENGESAHAN ii

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR iii

ABSTRAK iv

ABSTRACT vi

KATA PENGANTAR vii

DAFTAR ISI ix

DAFTAR TABEL xiii

DAFTAR GAMBAR xiv

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Tujuan Penelitian 3

1.4 Manfaat Penelitian 3

1.4.1 Manfaat Teoritis 4

1.4.2 Manfaat Praktis 4

1.5 Batasan Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6

2.1. Penelitian Terkait 6

2.2. Landasan Teori 10

2.2.1 Pohon 10

2.2.2 Inventarisasi Pohon 12

2.2.3 Pemetaan Sebaran Pohon 13

2.2.4 Sistem Informasi Geografis (SIG) 14

2.2.5 WebGIS 15

2.2.6 PHP (Hypertext Processor) 16

2.2.7 Basis Data MySQL..... 17
2.2.8 Framework CodeIgniter 4 dan Arsitektur MVC..... 17
2.2.9 Leaflet.js..... 19
2.2.10 Metode Rapid Application Development (RAD)..... 19
2.2.11 Black Box..... 20
2.2.12 Validasi Ahli Media..... 21
BAB III METODE PENELITIAN..... 23
3.1. Jenis Penelitian..... 23
3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian..... 23
3.3. Alat dan Bahan Penelitian..... 25
3.3.1 Perangkat Keras..... 25
3.3.2 Perangkat untuk Identifikasi dan Inventarisasi Pohon..... 26
3.3.3 Perangkat Lunak untuk Pengembangan Sistem..... 27
3.4. Teknik Pengumpulan Data..... 28
3.4.1 Studi Literatur..... 28
3.4.2 Observasi Langsung..... 29
3.5. Metode Pengembangan Sistem..... 30
3.5.1 Requirement Planning..... 30
3.5.2 User Design..... 31
3.5.3 Construction..... 31
3.5.4 Cutover..... 32
3.6. Perancangan Sistem..... 33
3.6.1 Use Case Diagram..... 33
3.6.2 Activity Diagram..... 34
3.6.3 Entity Relationship Diagram (ERD)..... 37
3.6.4 Struktur Tabel..... 38
3.6.5 Perancangan Antarmuka (User Interface)..... 41
3.7. Teknik Pengujian Sistem..... 44

3.7.1 Black Box Testing.....45
3.7.2 Validasi Ahli Media.....46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....48
4.1 Identifikasi Jenis Pohon di Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.....48
4.2 Perancangan dan Pembangunan WebGIS.....50
4.2.1 Implementasi Basis Data.....50
4.2.2 Implementasi Antarmuka.....53
4.3 Tingkat Keberhasilan dan Kelayakan Sistem.....59
4.3.1 Black Box Testing.....59
4.3.2 Validasi Ahli Media.....62
4.3.3 Revisi Sistem.....64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....66
5.1 Kesimpulan.....66
5.2 Saran.....67
DAFTAR PUSTAKA.....68
LAMPIRAN.....72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terkait.....6
Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....25
Tabel 3.2 Spesifikasi Perangkat Keras Utama.....25
Tabel 3.3 Spesifikasi Perangkat Keras Pendukung.....26
Tabel 3.4 Perangkat untuk Identifikasi dan Inventarisasi Pohon.....26
Tabel 3.5 Perangkat Lunak untuk Pengembangan Sistem.....27
Tabel 3.6 Tabel Admin.....39
Tabel 3.7 Tabel Log Admin.....39
Tabel 3.8 Tabel Master Spesies.....40
Tabel 3.9 Tabel Data Pohon.....40
Tabel 3.10 Tabel Rencana Pengujian Black Box.....45
Tabel 4.1 Hasil Identifikasi Jenis Pohon di Lingkungan UIN Ar-Raniry.....48
Tabel 4.2 Pengujian Fitur Pengguna Umum.....60
Tabel 4.3 Pengujian Autentikasi Administrator.....60
Tabel 4.4 Pengujian Dashboard Admin.....61
Tabel 4.5 Pengujian Pengelolaan Data Pohon (CRUD).....61
Tabel 4.6 Rekapitulasi Hasil Penilaian Validasi Ahli Media.....62

جامعة الرانري
AR-RANIRY

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Lokasi Pengambilan Sampel..... 24
Gambar 3.2 Diagram Alur Metode RAD..... 30
Gambar 3.3 Use Case Diagram..... 33
Gambar 3.4 Activity Diagram Login Admin..... 34
Gambar 3.5 Activity Diagram Admin Mengelola Data Pohon..... 35
Gambar 3.6 Activity Diagram User mencari data pohon..... 36
Gambar 3.7 Activity Diagram User melihat informasi pohon..... 37
Gambar 3.8 Entity Relationship Diagram (ERD)..... 38
Gambar 3.9 Halaman Peta Publik..... 41
Gambar 3.10 Tampilan Pop-up Informasi..... 42
Gambar 3.11 Halaman Login Admin..... 42
Gambar 3.12 Halaman Dashboard Admin..... 43
Gambar 3.13 Halaman Peta Admin..... 43
Gambar 3.14 Halaman Pengelolaan Data Pohon..... 44
Gambar 3.15 Halaman Tambah/Edit Data Pohon..... 44
Gambar 4.1 Struktur Tabel Pada Basis Data db_webgis_uinar..... 50
Gambar 4.2 Implementasi Tabel master_spesies..... 51
Gambar 4.3 Implementasi Tabel data_pohon..... 52
Gambar 4.4 Implementasi Tabel tb_admin..... 52
Gambar 4.5 Implementasi Tabel tb_log_admin..... 53
Gambar 4.6 Implementasi Halaman Utama WebGIS..... 54
Gambar 4.7 Implementasi Halaman Login Administrator..... 55
Gambar 4.8 Implementasi Dashboard Administrator..... 55
Gambar 4.9 Implementasi Riwayat Aktivitas Administrator..... 56
Gambar 4.10 Implementasi Halaman Peta Sebaran Pada Dashboard Administrator 57

Gambar 4.11 Implementasi Halaman Data Pohon..... 57
Gambar 4.12 Implementasi Form Tambah dan Edit Data Pohon..... 58
Gambar 4.13 Implementasi Fitur Suggestion dan Autocomplete..... 59

جامعة الرانري
AR-RANIRY

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) sebagai solusi digital untuk mengelola data spasial secara lebih efektif. SIG memungkinkan integrasi antara data peta dan informasi atribut sehingga proses pengolahan, analisis, serta visualisasi data spasial dapat dilakukan secara sistematis dan terstruktur (Mangero & Yudha, 2020). Seiring perkembangannya, teknologi SIG diintegrasikan ke dalam platform berbasis web melalui WebGIS, yang memungkinkan informasi spasial disajikan secara daring dan dapat diakses secara interaktif oleh pengguna melalui web browser (Somantri et al., 2023). Dalam implementasi WebGIS modern, penggunaan *framework backend* dengan arsitektur *Model-View-Controller* (MVC) seperti CodeIgniter 4 yang dipadukan dengan *library* pemetaan Leaflet.js mampu menghasilkan sistem informasi geografis yang bersifat modular, responsif, dinamis, serta memiliki kinerja yang ringan dan efisien (Arifin & Supriyatna, 2023).

Salah satu sektor krusial yang sangat membutuhkan implementasi teknologi WebGIS tersebut adalah manajemen lanskap kawasan publik dan perkotaan, khususnya dalam hal inventarisasi pohon. Pohon memiliki peran ekologis yang vital, mulai dari penyerap emisi karbon hingga menjaga keseimbangan iklim mikro, sehingga keberadaannya perlu didata dan dikelola secara berkelanjutan (Hati & Sutrisno, 2024). Data inventarisasi vegetasi yang tersusun dengan baik dapat menjadi sumber informasi yang bernilai bagi pengelola fasilitas maupun perencana tata ruang dalam menentukan kebijakan dan pemanfaatan lahan secara tepat (Abdullah et al., 2024). Namun, dalam pelaksanaannya, seringkali data inventarisasi tumbuhan masih dikelola secara konvensional, tersebar, serta belum terintegrasi dalam suatu sistem informasi berbasis spasial yang terstruktur (Rahmatillah, 2025). Kondisi tersebut menyebabkan proses pemantauan, perencanaan, dan pengelolaan ruang terbuka hijau menjadi kurang optimal, sehingga menyulitkan pemangku kepentingan,

petugas lapangan, maupun kalangan akademisi dalam memanfaatkan informasi yang tersedia secara efektif (Pati Aju et al., 2024).

Permasalahan terkait manajemen data spasial tersebut juga dialami pada lingkungan Kampus Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh. Lingkungan Kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh memiliki kawasan hijau yang ditumbuhi oleh berbagai jenis pohon yang berperan penting dalam mendukung kenyamanan dan kualitas lingkungan kampus. Namun, hingga saat ini informasi mengenai persebaran pohon tersebut belum terdokumentasi dalam bentuk peta digital yang sistematis dan berbasis spasial. Data mengenai lokasi koordinat serta identitas masing-masing pohon juga belum tersusun dalam suatu basis data geografis yang terintegrasi. Kondisi ini menyebabkan proses pengelolaan dan penelusuran inventarisasi lanskap menjadi kurang optimal, sehingga menyulitkan pihak pengelola kampus dalam melakukan pemantauan dan pengambilan keputusan terkait ruang terbuka hijau. Selain itu, keterbatasan informasi tersebut juga menjadi kendala bagi civitas akademika yang memerlukan data persebaran pohon untuk kegiatan observasi, penelitian, maupun pembelajaran.

Penerapan WebGIS sebagai sarana inventarisasi data spasial telah menunjukkan hasil yang positif dalam berbagai penelitian sebelumnya. Penelitian yang dilakukan oleh (Arifin & Supriyatna, 2023) menunjukkan bahwa Leaflet.js mampu menampilkan peta interaktif secara efektif melalui fitur penanda titik (*marker*) dan jendela informasi (*pop-up*) yang memudahkan pengguna dalam memahami informasi lokasi secara lebih rinci. Selain itu, penelitian oleh (Maulana et al., 2025) membuktikan bahwa integrasi *framework* CodeIgniter 4 dengan *library* Leaflet.js dapat mendukung pengelolaan dan penyajian data spasial secara efisien serta responsif. Meskipun implementasi teknologi WebGIS telah banyak dikembangkan pada berbagai bidang, penerapannya untuk membangun basis data spasial dan pemetaan persebaran pohon di lingkungan Kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh hingga saat ini masih belum banyak dikaji dan belum pernah diimplementasikan secara khusus.

Berdasarkan permasalahan dan kesenjangan penelitian yang telah diidentifikasi, penelitian ini bertujuan mengembangkan SIG berbasis web untuk inventarisasi dan pemetaan pohon di lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Sistem dibangun menggunakan CodeIgniter 4 dan Leaflet.js untuk menyajikan informasi spasial yang interaktif, terstruktur, dan mudah diakses. Melalui sistem ini, diharapkan data persebaran pohon dapat dikelola secara lebih efektif dan terintegrasi, sehingga mendukung pengelolaan ruang terbuka hijau, pengambilan keputusan, serta penyediaan informasi ekologis bagi sivitas akademika.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis pohon apa saja yang terdapat di lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh?
2. Bagaimana merancang dan membangun WebGIS inventarisasi dan pemetaan pohon di lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh menggunakan CodeIgniter 4 dan Leaflet.js?
3. Bagaimana tingkat keberhasilan dan kelayakan WebGIS inventarisasi dan pemetaan pohon yang dikembangkan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi jenis pohon apa saja yang terdapat di lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Merancang dan membangun WebGIS inventarisasi dan pemetaan pohon di lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh menggunakan CodeIgniter 4 dan Leaflet.js.
3. Mengevaluasi tingkat keberhasilan dan kelayakan WebGIS inventarisasi dan pemetaan pohon yang dikembangkan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, baik secara teoritis maupun praktis:

1.4.1 Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya pada bidang SIG dan WebGIS untuk inventarisasi objek spasial. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan inventarisasi dan pemetaan pohon berbasis web.

1.4.2 Manfaat Praktis

1. Bagi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Penelitian ini diharapkan dapat membantu pihak kampus dalam menginventarisasi data pohon secara terstruktur melalui penyimpanan data atribut dan lokasi pohon dalam satu sistem terintegrasi. Selain itu, sistem yang dibangun dapat menjadi media informasi mengenai persebaran dan karakteristik pohon yang terdapat di lingkungan kampus.
2. Bagi pengguna. Penelitian ini diharapkan dapat memudahkan pengguna dalam memperoleh informasi mengenai lokasi dan karakteristik pohon, seperti nama pohon, nama ilmiah, diameter, tinggi, densitas kayu, dan informasi pendataan melalui tampilan WebGIS yang interaktif.
3. Bagi peneliti selanjutnya. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem inventarisasi dan pemetaan objek spasial berbasis WebGIS. Selain itu, basis data yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai data awal untuk penelitian lanjutan yang berkaitan dengan biomassa, cadangan karbon, serapan karbon dioksida (CO_2), dan estimasi produksi oksigen pada ruang terbuka hijau.

1.5 Batasan Penelitian

Untuk memastikan penelitian tetap fokus, mendalam, dan dapat diselesaikan tepat waktu, maka penelitian ini dibatasi oleh ruang lingkup berikut:

1. Penelitian dilakukan pada lingkungan kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Objek penelitian berupa pohon yang berada pada area penelitian dan menjadi sampel inventarisasi.

3. Data yang digunakan meliputi nama pohon, nama ilmiah, diameter pohon, tinggi pohon, densitas kayu, foto pohon, tanggal pendataan, lokasi deskriptif, dan koordinat lokasi pohon.
4. Sistem dikembangkan dalam bentuk WebGIS menggunakan *framework* CodeIgniter 4 dan *library* Leaflet.js untuk mengelola data inventarisasi dan menampilkan persebaran pohon pada peta digital.
5. Penelitian ini tidak mencakup perhitungan biomassa, cadangan karbon, serapan karbon dioksida (CO_2), produksi oksigen, maupun analisis spasial lanjutan lainnya.

جامعة الرانري
AR-RANIRY

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Untuk menghindari duplikasi penelitian dan memastikan orisinalitas penelitian ini, penulis meninjau berbagai penelitian sebelumnya sebagai bahan rujukan. Kajian pustaka tersebut berfungsi sebagai dasar untuk perbandingan, referensi, dan pengembangan penelitian. Selain itu, analisis penelitian sebelumnya juga digunakan untuk menemukan perbedaan dan menegaskan bahwa penelitian yang dilakukan adalah baru. Tabel 2.1 menunjukkan ringkasan penelitian yang relevan.

Tabel 2.1 Penelitian Terkait

Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Teknologi	Hasil Penelitian	Perbedaan dengan Penelitian ini
(Maulana et al., 2025)	Perancangan Sistem WebGIS untuk Visualisasi Data Wilayah, Potensi Daerah, dan Infrastruktur Strategis di Bappeda Sultra	*Waterfall* (Analisis, Desain, Implementasi, Pengujian, Pemeliharaan)	CodeIgniter 4, Leaflet.js, GeoJSON, PHP, MySQL, MVC Arsitektur	Implementasi kerangka kerja *CodeIgniter 4* dan *Leaflet.js* dengan arsitektur MVC terbukti menghasilkan platform yang stabil dan responsif dalam memvisualisasikan data wilayah secara interaktif.	Berfokus pada pemetaan wilayah dan infrastruktur, sedangkan penelitian ini memetakan individu pohon beserta atribut biometriknya.
(Hasanah et al., 2025)	Sistem Informasi Geografis Pohon Kelapa Sawit pada Perkebunan Sei Rumbia	*Waterfall* dan Penelitian Kualitatif (Observasi & Wawancara)	Leaflet.js, QGIS, GeoJSON, PHP, MySQL	Pendekatan SIG terbukti efektif dalam menyajikan dan mengelola pemetaan lokasi pohon secara *real-time* dan	Meneliti kelapa sawit di perkebunan dengan metode Waterfall, sedangkan penelitian ini dilakukan di lingkungan

				terstruktur berdasarkan status kesehatannya.	kampus dengan metode RAD
(Rahmatillah, 2025)	Rancang Bangun WebGIS Inventarisasi Tumbuhan (Kasus: Area Vegetasi SEAMEO BIOTROP)	Pengembangan Sistem Berbasis *Framework*	*Framework* Laravel, Leaflet, QGIS, MySQL, Data Spasial & Tabular	Sentralisasi data menggunakan *framework* WebGIS berhasil mempermudah akses informasi biodiversitas digital dengan tingkat kebergunaan (*usability*) sistem yang sangat tinggi (87%).	Menggunakan Laravel untuk memetakan tumbuhan, sedangkan penelitian ini menggunakan CodeIgniter 4 untuk memetakan pohon dan menambahkan fitur suggestion serta autocomplete untuk data spesies.
(Le Tan Dat & Minh Hai, 2024)	*Application of WebGIS in Managing and Monitoring Greenery in Schools: A Case Study at the Thu Dau Mot University*	Pengukuran Lapangan (*Field Method*) dan Analisis Spasial	PostGIS/ PostgreSQL, GeoServer, QGIS, Google Satellite, HTML/JS	Integrasi informasi spasial melalui WebGIS terbukti mampu mengakomodasi dan mempermudah pengelolaan atribut fisik pohon (tinggi, diameter, kanopi) secara berkelanjutan.	Menggunakan GeoServer dan PostGIS, sedangkan penelitian ini menggunakan pendekatan yang lebih ringan dengan Leaflet.js dan GeoJSON.
(Arifin & Supriyatna, 2023)	Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan Lahan Kakao Menggunakan Leaflet JS dan	RAD	CodeIgniter, Leaflet JS, GeoJSON, Mapbox (OpenStreetMap)	Pemanfaatan *Leaflet.js* dan *GeoJSON* memungkinkan akses informasi lokasi secara cepat dan interaktif, dengan pengujian	Memetakan luasan lahan tanaman kakao, sedangkan penelitian ini memetakan titik lokasi setiap pohon secara individual.

	GeoJSON			fungsional (*black-box*) mencapai 100% valid.	
(Abdullah et al., 2024)	*Digitizing Tree Inventory Using GIS for Effective Landscape Monitoring in Puncak Iskandar, Perak, Malaysia*	Eksperimental 3 tahap (akuisisi citra UAV, pemrosesan fotogrametri, dan penyajian hasil)	Drone DJI Phantom 4 Pro, *software* DJI Go, SIG, dan *spatial database*.	Digitalisasi lokasi dan tutupan pohon via ortofoto presisi untuk memantau kesehatan serta pemeliharaan vegetasi secara berkelanjutan melalui basis data terpusat.	Menggunakan drone dan fotogrametri, sedangkan penelitian ini menggunakan observasi langsung, GPS smartphone, dan PlantNet.
(Siregar et al., 2022)	Penggunaan Leaflet untuk Menyusun Aplikasi WebGIS	Rancang bangun (Tahap persiapan data serta penyusunan *Web Map*, Aplikasi, dan Portal WebGIS).	Leaflet JS, format GeoJSON, ArcGIS Online, dan ArcMap 10.8.	Penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan Leaflet JS sangat efektif untuk memetakan lokasi tanaman dalam bentuk informasi spasial yang dapat diakses secara interaktif oleh masyarakat umum melalui peramban web.	Menggunakan ArcGIS Online, sedangkan penelitian ini dibangun dengan perangkat lunak sumber terbuka seperti CodeIgniter 4, Leaflet.js, dan MySQL.

Berdasarkan tinjauan literatur yang dirangkum pada Tabel 2.1, terlihat jelas bahwa Kemajuan teknologi web telah menggeser metode penyajian data spasial ke arah WebGIS yang lebih interaktif dan mudah diakses. Sebagai contoh, (Maulana et al., 2025) mengembangkan WebGIS untuk memvisualisasikan potensi wilayah dan infrastruktur strategis di Bappeda Sulawesi Tenggara. Sistem ini dibangun menggunakan *framework* CodeIgniter 4 dan *library* Leaflet.js. Penerapan arsitektur *Model-View-Controller* (MVC) pada pengembangan tersebut

terbukti menghasilkan platform yang stabil, responsif, dan mudah dikembangkan. Kajian ini sangat relevan sebagai rujukan karena memanfaatkan teknologi yang serupa dengan penelitian yang sedang dilakukan.

Di sisi lain, sistem informasi geografis konvensional yang kaku kerap menghambat kelancaran penyampaian data. Untuk mengatasi kendala ini, (Arifin & Supriyatna, 2023) memanfaatkan Leaflet.js dan format GeoJSON dalam membangun WebGIS pemetaan lahan kakao di Kabupaten Pesawaran. Hasilnya, pengguna dapat mengakses informasi lokasi dan atribut lahan secara cepat dan interaktif. Pengujian *black box* mengonfirmasi bahwa seluruh fitur berfungsi secara optimal. Hal ini menegaskan bahwa adopsi WebGIS mampu meningkatkan efektivitas penyampaian informasi spasial sekaligus mendukung pengambilan keputusan yang akurat.

Lebih dari sekadar pemetaan tata ruang wilayah, WebGIS juga terbukti andal untuk pengelolaan data keanekaragaman hayati. (Rahmatillah, 2025) berhasil mendigitalisasi data vegetasi yang sebelumnya terpisah-pisah di kawasan SEAMEO BIOTROP melalui sistem inventarisasi tumbuhan berbasis WebGIS. Sentralisasi data ke dalam satu platform digital ini tidak hanya mempermudah akses, tetapi juga terbukti memiliki tingkat kebergunaan yang tinggi untuk mendukung konservasi. Kajian ini memiliki keterkaitan yang sangat erat dengan penelitian saat ini karena kesamaan fokusnya pada inventarisasi objek vegetasi berbasis web.

Dalam skala pencatatan yang lebih rinci, WebGIS dapat difungsikan untuk mendokumentasikan atribut fisik vegetasi secara spesifik. Penelitian (Le Tan Dat & Minh Hai, 2024) mengenai pengelolaan ruang hijau di area sekolah menunjukkan bahwa sistem WebGIS mampu merekam rincian data penting, seperti tinggi pohon, diameter batang, dan luas tajuk (kanopi). Integrasi antara data inventarisasi rinci dan informasi spasial ini terbukti mempermudah pengelolaan aset hijau serta mendukung pengambilan keputusan terkait lingkungan. Studi ini menjadi acuan penting yang membuktikan bahwa atribut spesifik pepohonan dapat diakomodasi dengan baik di dalam sistem WebGIS.

Keandalan pemetaan spasial juga dibuktikan oleh (Hasanah et al., 2025) yang memetakan sebaran pohon kelapa sawit beserta atribut penelitiannya.

Pendekatan ini menyimpulkan bahwa pemanfaatan SIG sangat efektif dalam mengelola dan menyajikan data lokasi secara terstruktur. Rangkaian temuan dari berbagai literatur ini semakin memperkuat landasan bahwa teknologi pemetaan spasial sangat adaptif untuk diterapkan pada berbagai jenis vegetasi, serta menjadi fondasi yang kuat untuk membangun sistem inventarisasi yang komprehensif.

Berdasarkan tinjauan berbagai literatur terdahulu, teknologi WebGIS terbukti telah diimplementasikan secara luas dalam mengelola dan menyajikan data spasial di ragam sektor, mulai dari pemetaan tata ruang, inventarisasi vegetasi, hingga pengelolaan area hijau. Penggunaan kombinasi teknologi seperti SIG, CodeIgniter 4, dan Leaflet.js secara konsisten menunjukkan keberhasilan dalam meningkatkan efisiensi manajemen data dan menghadirkan akses informasi yang interaktif. Namun demikian, eksplorasi terhadap studi-studi tersebut mengungkap adanya celah penelitian, dimana belum ada sistem WebGIS yang secara spesifik dikembangkan untuk inventarisasi dan pemetaan pohon di kawasan UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Berangkat dari kesenjangan tersebut, penelitian ini difokuskan untuk merancang sebuah sistem informasi spasial terintegrasi yang dapat menjadi solusi komprehensif dalam tata kelola data pepohonan di lingkungan kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

2.2. Landasan Teori

Bagian ini memaparkan landasan teoritis serta konsep-konsep esensial yang menjadi pijakan utama dalam perancangan model penelitian. Seluruh uraian disajikan secara sistematis dengan alur deduktif, yakni dimulai dari pemahaman konsep yang bersifat umum hingga mengerucut pada rincian yang lebih spesifik.

2.2.1 Pohon

Secara biologis, pohon merupakan tumbuhan eukariotik multiseluler yang mengandung klorofil dan mampu melakukan fotosintesis sehingga termasuk ke dalam Kingdom Plantae. Dalam bidang kehutanan dan inventarisasi vegetasi, pohon didefinisikan sebagai tumbuhan berkayu yang hidup menahun (*woody perennial*), memiliki satu batang utama yang dapat berdiri tegak sendiri, serta membentuk tajuk yang jelas (Rante & Irwanto, 2025). Pohon memiliki peran penting sebagai bagian dari infrastruktur hijau karena mampu membantu

mengurangi erosi, menyerap karbon dioksida (CO_2), menghasilkan oksigen, dan mendukung keanekaragaman hayati (Singh et al., 2021). Pada lingkungan kampus, keberadaan pohon juga memberikan nilai estetika, meningkatkan kenyamanan termal, serta memberikan dampak positif terhadap kesehatan psikologis sivitas akademika (Hati & Sutrisno, 2024).

Karakteristik utama yang membedakan pohon dari tumbuhan berkayu lain, seperti semak (*shrub*), terletak pada pola pertumbuhannya. Pohon memiliki kecenderungan percabangan yang berkembang lebih dominan pada bagian atas batang utama sehingga tajuk terangkat menjauhi permukaan tanah (Rante & Irwanto, 2025). Sebaliknya, semak umumnya memiliki banyak tunas dan cabang yang tumbuh dari bagian bawah atau pangkal batang. Secara struktur, pohon terdiri atas sistem perakaran di bawah tanah dan bagian atas yang meliputi batang utama, cabang dan ranting, serta dedaunan (Rante & Irwanto, 2025). Batang utama berfungsi sebagai sumbu dan penopang utama tanaman, sedangkan tajuk merupakan bagian yang menampung cabang hidup dan daun (Singh et al., 2021).

Dalam kegiatan inventarisasi dan penelitian biometrik, pohon diidentifikasi berdasarkan beberapa parameter fisik penting.

1. **Tinggi pohon,** adalah jarak vertikal dari permukaan tanah hingga titik tertinggi pohon. Berbagai literatur menetapkan tinggi minimum pohon dewasa berkisar antara 3–7 meter, dan pada beberapa standar dapat mencapai 10 meter (Pace et al., 2022).
2. **Diameter setinggi dada (*Diameter at Breast Height*/DBH),** diukur pada ketinggian 1,3 meter dari permukaan tanah. Parameter ini merupakan indikator biometrik yang penting untuk memperkirakan biomassa, volume kayu, dan cadangan karbon pohon (Safitri et al., 2024).
3. **Keliling batang,** pada beberapa klasifikasi vegetasi digunakan sebagai salah satu dasar penentuan kategori pohon, misalnya dengan batas minimal 31,5 cm (Alviani et al., 2020).
4. **Tajuk (*crown*),** meliputi lebar tajuk, panjang tajuk, dan luas proyeksi tajuk, yaitu area permukaan tanah yang tertutupi oleh proyeksi vertikal bagian terluar dedaunan pohon (Le Tan Dat & Minh Hai, 2024).

2.2.2 Inventarisasi Pohon

Inventarisasi pohon merupakan serangkaian proses sistematis yang mencakup pengumpulan, pencatatan, dan analisis data terkait klasifikasi, dimensi fisik, lokasi spasial, hingga status kesehatan suatu pohon. Dalam konteks manajemen ruang terbuka hijau dan ekosistem perkotaan, kegiatan ini menjadi instrumen krusial untuk memantau laju pertumbuhan serta mengevaluasi kelayakan vegetasi secara komprehensif (Pace et al., 2022).

Secara fundamental, inventarisasi ini bertujuan untuk menghimpun data spasial beserta atribut vegetasi secara presisi, sehingga komposisi dan pola sebaran spesies di dalam suatu lanskap dapat dipetakan dengan baik. Melalui sistem dokumentasi yang terstruktur, pengelola tata ruang dapat merumuskan strategi penanaman yang lebih terarah, menjaga keberlangsungan fungsi ekologis, sekaligus mitigasi potensi bahaya fisik dari pohon untuk menjamin keselamatan publik (Abdullah et al., 2024).

Dalam pelaksanaannya, inventarisasi pohon mencatat berbagai atribut biometrik dan spasial yang saling berkaitan:

1. **Nama Spesies.** Pendataan nama lokal maupun nama ilmiah menjadi esensial karena setiap spesies memiliki karakteristik biologis dan kontribusi ekologis yang berbeda (Pace et al., 2022).
2. **Diameter Setinggi Dada (*Diameter at Breast Height*/DBH).** Pengukuran diameter batang merupakan indikator fundamental yang paling akurat untuk memproyeksikan akumulasi biomassa, volume kayu, serta kapasitas cadangan karbon suatu pohon (Scarmana & McDougall, 2023).
3. **Tinggi Pohon.** Pengukuran vertikal ini digunakan untuk menganalisis fase pertumbuhan serta mengevaluasi struktur arsitektur tajuk (Pace et al., 2022).
4. **Kerapatan (Densitas) Sel Kayu.** Parameter ini menjadi variabel input utama dalam komputasi lanjutan untuk mengestimasi serapan karbon dan ketersediaan biomassa pada kawasan hijau (Safitri et al., 2024).
5. **Lokasi Deskriptif.** Integrasi lokasi deskriptif sangat penting untuk mempermudah pengguna dalam mengidentifikasi posisi riil objek di

lapangan serta mendukung pencarian data berbasis wilayah (Atara et al., 2024).

6. **Koordinat Lokasi.** Perekaman titik lokasi (*latitude* dan *longitude*) berperan mutlak dalam memvisualisasikan sebaran pohon secara presisi ke dalam sistem informasi tata ruang (Scarmana & McDougall, 2023).
7. **Foto.** Foto memberikan gambaran visual yang faktual terkait morfologi dan kondisi riil objek pada saat pendataan lapangan dilakukan. (Abdullah et al., 2024)
8. **Tanggal Pendataan.** Pencatatan waktu pendataan diperlukan untuk melacak historis pemantauan dan memvalidasi kebaruan data di dalam sistem basis data (Hati & Sutrisno, 2024).

Dari berbagai atribut tersebut, identifikasi spesies pohon merupakan salah satu tahapan penting dalam kegiatan inventarisasi vegetasi. Inventarisasi pohon tidak hanya mencakup pencatatan lokasi dan ukuran pohon, tetapi juga penentuan jenis pohon untuk memperoleh informasi nama lokal dan nama ilmiah secara tepat (Abdullah et al., 2024). Data identitas spesies diperlukan agar informasi inventarisasi memiliki nilai ilmiah dan dapat digunakan dalam pengelolaan vegetasi, pemantauan kondisi lingkungan, serta penyusunan basis data pohon secara terstruktur.

Dalam kegiatan lapangan, proses identifikasi spesies dapat dibantu dengan aplikasi identifikasi tumbuhan berbasis citra, seperti Pl@ntNet. Aplikasi ini memungkinkan pengguna mengenali jenis pohon melalui dokumentasi bagian-bagian pohon yang terlihat jelas, seperti daun, batang, bunga, atau buah, kemudian membandingkannya dengan basis data spesies yang tersedia (Atara et al., 2024). Pada penelitian ini, Pl@ntNet digunakan sebagai alat bantu identifikasi awal untuk mendukung proses inventarisasi pohon di lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh, sedangkan hasil identifikasi selanjutnya dicatat sebagai bagian dari data inventarisasi yang diintegrasikan ke dalam sistem WebGIS.

2.2.3 Pemetaan Sebaran Pohon

Pemetaan sebaran pohon merupakan proses pendataan dan visualisasi lokasi pohon secara sistematis dalam suatu wilayah (Abdullah et al., 2024). Kegiatan ini dilakukan dengan mengumpulkan data posisi geografis setiap pohon

dan menyajikannya dalam bentuk peta digital sehingga informasi sebaran pohon dapat dilihat dengan lebih jelas dan mudah dipahami (Le Tan Dat & Minh Hai, 2024). Melalui pemetaan, data inventarisasi yang sebelumnya dicatat secara konvensional dapat diorganisasi menjadi informasi digital yang lebih terstruktur dan mudah diakses (Abdullah et al., 2024).

Tujuan utama pemetaan sebaran pohon adalah mendukung pengelolaan lanskap dan pengambilan keputusan berbasis data. Dengan adanya peta sebaran, pengelola dapat mengetahui lokasi pohon, jenis yang dominan, kondisi vegetasi, serta area yang memerlukan pemeliharaan atau penanaman kembali (Abdullah et al., 2024). Pemetaan ini juga membantu pemantauan kesehatan pohon dan mendukung penilaian manfaat ekologis, seperti penyerapan karbon dan penyediaan oksigen (Pace et al., 2022).

Dalam pelaksanaannya, pemetaan pohon menggunakan dua jenis data utama, yaitu data spasial dan data atribut. Data spasial berupa koordinat geografis yang menunjukkan lokasi setiap pohon, sedangkan data atribut berisi informasi seperti nama spesies, diameter batang (DBH), tinggi pohon, ukuran tajuk, kondisi kesehatan, dan dokumentasi foto (Le Tan Dat & Minh Hai, 2024). Penggabungan kedua jenis data tersebut memungkinkan pengelolaan dan analisis informasi pohon secara lebih akurat (Le Tan Dat & Minh Hai, 2024).

2.2.4 Sistem Informasi Geografis (SIG)

SIG merupakan sistem berbasis komputerisasi yang dirancang secara khusus untuk mengumpulkan, menyimpan, meninjau, menganalisis, dan memvisualisasikan data yang terkait dengan informasi referensi geografis (Hoang Tu et al., 2023). Dalam penerapannya, SIG memegang peranan manajerial yang esensial, mencakup tahapan perencanaan tata ruang, pemantauan kelayakan, pengambilan keputusan, hingga koordinasi dan komunikasi antar pihak yang berkepentingan (Kochanek et al., 2025).

Menurut (Hasanah et al., 2025), keandalan dan efektivitas operasional sebuah sistem geospasial sangat bergantung pada integrasi dan interaksi sinergis dari lima komponen pembentuk utamanya, yaitu:

1. **Perangkat Keras (*Hardware*).** Mencakup infrastruktur fisik yang menunjang kinerja komputasi, seperti komputer, *server* pengelola basis

data, perangkat perekam koordinat geografis (GPS/GNSS), hingga perangkat keras tambahan pendukung input dan output sistem.

2. **Perangkat Lunak (*Software*).** Rangkaian program yang menyediakan kapabilitas fungsional untuk mengolah, menyimpan, dan merender data geospasial. Perangkat lunak ini mencakup aplikasi *desktop* konvensional (seperti QGIS dan ArcGIS) hingga pustaka pemetaan modern berbasis web seperti Leaflet.js.
3. **Data.** Merupakan elemen fundamental pembentuk SIG yang terbagi menjadi dua kelompok. Pertama, data spasial yang merepresentasikan keruangan geometris (seperti penggunaan format vektor berupa titik untuk menandai lokasi pohon). Kedua, data atribut atau non-spasial yang memuat rincian informasi deskriptif terkait objek geografis tersebut.
4. ***Brainware/User*.** Individu yang merancang, mengoperasikan, serta memanfaatkan hasil luaran sistem, mulai dari operator pengumpul data lapangan, analis tata ruang, administrator basis data, hingga pengguna akhir.
5. **Metode.** Prosedur operasional dan rancang bangun sistem yang mengatur alur kerja secara sistematis. Hal ini mencakup standarisasi format data geospasial serta kaidah analisis yang ditetapkan untuk menjamin validitas dan integritas informasi yang dihasilkan.

2.2.5 WebGIS

Kemajuan teknologi informasi telah mentransformasi SIG dari format *desktop* konvensional menjadi platform berbasis internet yang lebih dinamis. Pada masa lalu, pengoperasian SIG sangat bergantung pada perangkat lunak terinstal yang menuntut spesifikasi tinggi dan keahlian teknis khusus, sehingga aksesibilitas data spasial menjadi sangat terbatas (Randazzo et al., 2021). Namun, kehadiran WebGIS berhasil mendobrak batasan tersebut dengan mengintegrasikan kapabilitas analisis geospasial ke dalam jaringan internet global. Transisi ini mengubah paradigma sistem yang sebelumnya tertutup menjadi platform terbuka, memungkinkan distribusi informasi spasial secara masif, kolaboratif, dan efisien (Vinueza-Martinez et al., 2024).

Secara arsitektural, operasional WebGIS ditopang oleh sistem *client-server* yang menjembatani lalu lintas pertukaran data secara terstruktur. Sisi *backend* bertugas mengelola basis data spasial dan memproses permintaan query spasial (Le Tan Dat & Minh Hai, 2024). Di sisi lain, *frontend* berperan sebagai antarmuka peramban (*browser*) yang menerima dan menampilkan visualisasi data. Implementasi modern umumnya mengadopsi *framework* terstruktur seperti CodeIgniter 4 yang disandingkan dengan *library* pemetaan JavaScript seperti Leaflet.js (Cadez et al., 2023). Komunikasi antar komponen ini difasilitasi oleh protokol standar menggunakan format pertukaran data yang ringan, seperti GeoJSON (Arifin & Supriyatna, 2023).

Nilai tambah utama dari WebGIS terletak pada tingkat aksesibilitasnya yang universal. Pengguna tidak lagi diwajibkan untuk menginstal perangkat lunak SIG yang kompleks; informasi spasial dapat diakses dengan mudah dan interaktif secara *real-time* bermodalkan *web browser* standar (Randazzo et al., 2021). Kemampuan sistem untuk mengubah dokumen statis menjadi platform digital yang dinamis ini sangat krusial dalam memetakan aset, sehingga transparansi informasi publik dapat tercapai dan proses pemantauan oleh pemangku kepentingan menjadi lebih optimal (Maulana et al., 2025).

2.2.6 PHP *(Hypertext Processor)*

PHP *(Hypertext Processor)* merupakan bahasa pemrograman skrip bersisi peladen (*server-side scripting*) yang dirancang secara khusus untuk mengembangkan arsitektur aplikasi web dinamis. Berbeda dengan bahasa pemrograman yang berjalan pada sisi klien (*client-side*), PHP mengeksekusi seluruh instruksi dan logika program secara langsung di dalam *server*, sebelum hasil pemrosesannya dikirimkan ke peramban pengguna dalam format antarmuka HTML. Secara fundamental, bahasa pemrograman ini bertugas untuk menjalankan logika bisnis sistem, memproses permintaan instruksi dari pengguna, serta menjembatani alur komunikasi dengan sistem basis data. Melalui fungsi tersebut, PHP menjadi komponen krusial dalam memastikan seluruh informasi—termasuk data tata ruang dan atribut inventarisasi—dapat diproses dan disajikan secara akurat melalui jaringan internet (Suheri, 2023).

2.2.7 Basis Data MySQL

MySQL merupakan sistem manajemen basis data relasional (*Relational Database Management System*/RDBMS) *open source* yang dirancang untuk mengelola pangkalan data secara sistematis dan terstruktur (Suheri, 2023). Meskipun dalam ekosistem pengembangan WebGIS terdapat opsi lain seperti PostgreSQL yang kerap digunakan untuk menangani data spasial berskala masif, MySQL tetap diakui sebagai standar yang andal dan sangat efisien dalam pengelolaan data relasional (Le Tan Dat & Minh Hai, 2024). Secara teknis, operasi MySQL bertumpu pada penggunaan perintah *Structured Query Language* (SQL), di mana informasi diorganisasikan ke dalam struktur tabel terindeks yang terdiri atas baris dan kolom guna memfasilitasi pencarian dan manipulasi data secara presisi (Suheri, 2023).

Pada perancangan arsitektur sistem inventarisasi pohon, MySQL memegang peranan esensial sebagai pangkalan data terpusat (*central repository*) yang menjamin integritas informasi. Fungsi utamanya adalah mengakuisisi dan mengintegrasikan himpunan data atribut deskriptif secara efisien, mencakup nama pohon, dimensi biometrik (seperti diameter setinggi dada dan tinggi total), hingga dokumentasi visual lapangan berupa foto. Dengan memadukan data atribut tersebut bersama titik koordinat geografis, MySQL mampu memproses kueri informasi secara cepat. Kapabilitas ini memastikan penyajian sebaran pepohonan pada peta interaktif tetap responsif dan optimal, tanpa membebani *server* secara berlebihan (Rahmatillah, 2025).

2.2.8 Framework CodeIgniter 4 dan Arsitektur MVC

1. Framework CodeIgniter 4

Dalam pengembangan perangkat lunak berbasis web, *framework* merupakan kumpulan *library*, aturan, dan struktur pemrograman yang digunakan untuk mempermudah pembangunan aplikasi agar lebih terorganisasi, aman, dan mudah dipelihara (Suheri, 2023). Penggunaan *framework* membantu mempercepat proses pengembangan, mengurangi penulisan kode berulang, serta meningkatkan stabilitas sistem (Maulana et al., 2025).

Pada pengembangan aplikasi web, termasuk WebGIS, pemilihan *framework* berpengaruh terhadap efisiensi pengembangan dan performa sistem.

Beberapa *framework backend* yang umum digunakan adalah Symfony, Laravel, dan CodeIgniter. Symfony memiliki arsitektur modular dan stabilitas tinggi sehingga cocok untuk aplikasi berskala besar, tetapi konfigurasi awalnya relatif kompleks. Laravel menyediakan banyak fitur bawaan dan dukungan ekosistem yang luas, namun memiliki beban pemrosesan yang lebih besar sehingga waktu respons cenderung lebih lambat (Putra et al., 2025).

Sementara itu, CodeIgniter 4 dirancang dengan pendekatan yang ringan dan sederhana. CodeIgniter 4 memiliki dokumentasi yang baik, jejak memori yang kecil, serta mampu memberikan waktu respons dan throughput yang lebih tinggi dibandingkan Laravel dan Symfony (Putra et al., 2025). Selain itu, penerapan arsitektur *Model-View-Controller* (MVC) pada CodeIgniter 4 memudahkan pemisahan antara logika data, tampilan antarmuka, dan pengendalian program (Suheri, 2023). Oleh karena itu, CodeIgniter 4 dipilih sebagai dasar pengembangan WebGIS inventarisasi dan pemetaan pohon karena dinilai lebih efisien, responsif, dan sesuai untuk pengelolaan data spasial tanpa membebani sumber daya server secara berlebihan.

2. Arsitektur *Model-View-Controller* (MVC)

Arsitektur *Model-View-Controller* (MVC) merupakan pola desain (*design pattern*) standar dalam rekayasa perangkat lunak yang memisahkan logika bisnis dari lapisan antarmuka pengguna. Pemisahan ini dirancang untuk menciptakan sistem yang modular, sehingga memungkinkan pengembangan dilakukan secara kolaboratif tanpa mengganggu stabilitas fungsionalitas lainnya (Suheri, 2023). Selain efisiensi pengembangan, struktur kerja yang terisolasi antar-modul ini juga secara signifikan menyederhanakan proses pemeliharaan serta mempermudah eskalasi fitur sistem di masa mendatang (Maulana et al., 2025).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Suheri, 2023), menjelaskan bahwa masing-masing komponen MVC memiliki peran spesifik yang mendukung dalam pengelolaan data spasial secara responsif.

- ***Model***, bertugas untuk mengelola basis data relasional, mencakup seluruh fungsi CRUD (*Create, Read, Update, Delete*) serta pencarian data atribut pohon dan koordinat geografis di dalam *database*.

- ***View***, berperan sebagai bagian dari *User Interface* yang berfungsi menyajikan informasi secara visual kepada pengguna, seperti menampilkan peta interaktif beserta *marker* lokasi pohon yang diolah oleh peramban.
- ***Controller***, bertindak sebagai jembatan logika atau penghubung utama yang memproses input dari pengguna, memanggil *Model* untuk mengakses data, dan mengarahkan hasil pemrosesan tersebut ke *View* untuk ditampilkan kembali kepada pengguna.

2.2.9 Leaflet.js

Dalam pengembangan antarmuka WebGIS, *library* pemetaan di sisi klien memiliki peran penting dalam menampilkan data geospasial secara interaktif dan efisien melalui peramban web. Beberapa *library* yang umum digunakan antara lain OpenLayers, D3(*Data-Driven Documents)*.js, dan Leaflet.js. OpenLayers menyediakan fitur SIG yang sangat lengkap, tetapi memiliki kompleksitas dan beban pemrosesan yang relatif tinggi. Sementara itu, D3.js unggul untuk visualisasi data interaktif, namun tidak dirancang khusus untuk pemetaan sehingga fitur dasar seperti panning dan zooming memerlukan pengaturan kode yang lebih rumit (Balla & Gede, 2024).

Pada penelitian ini, Leaflet.js dipilih karena bersifat ringan, cepat, dan responsif, termasuk pada perangkat seluler. Leaflet sangat sesuai untuk kebutuhan inventarisasi pohon yang berfokus pada penampilan *marker* dan jendela *pop-up* informasi secara interaktif (Balla & Gede, 2024). Selain mampu merender data spasial dengan baik tanpa banyak modul tambahan, Leaflet juga memiliki kinerja pemrosesan yang cepat untuk menampilkan banyak fitur secara bersamaan. Dengan demikian, penggunaan Leaflet.js memungkinkan peta digital disajikan secara akurat, interaktif, dan mudah diakses melalui peramban web standar.(Balla & Gede, 2024)

2.2.10 Metode *Rapid Application Development* (RAD)

Metode *Rapid Application Development* (RAD) merupakan model proses rekayasa perangkat lunak yang bersifat adaptif dan iteratif, dengan fokus utama pada akselerasi siklus pengembangan dalam kurun waktu yang singkat, yakni

berkisar antara 60 hingga 90 hari. Berbeda dengan pendekatan konvensional seperti *Waterfall* yang cenderung kaku, RAD mengedepankan partisipasi aktif pengguna sejak awal serta pengembangan berbasis prototipe yang dinamis. Pendekatan ini memungkinkan perancangan sistem menjadi jauh lebih responsif dalam mengakomodasi perubahan atau penyesuaian syarat kebutuhan fungsional yang terjadi selama fase pengembangan (Pricillia & Zulfachmi, 2021).

Siklus operasional dalam metode RAD terbagi ke dalam empat tahapan utama yang saling berkesinambungan (Pricillia & Zulfachmi, 2021) , yaitu:

1. ***Requirements Planning.*** Tahap identifikasi tujuan sistem dan pengumpulan data melalui diskusi intensif bersama pemangku kepentingan guna menyepakati kebutuhan fungsional.
2. ***User Design.*** Proses perancangan dan simulasi representasi visual antarmuka sistem agar dapat ditinjau dan dievaluasi secara langsung oleh pengguna.
3. ***Construction.*** Eksekusi desain prototipe yang telah disetujui menjadi program aplikasi fungsional yang utuh melalui proses pengkodean.
4. ***Cutover.*** Tahap final yang mencakup pengujian sistem secara komprehensif guna memastikan keandalan dan stabilitas aplikasi sebelum diimplementasikan secara penuh.

Adopsi metode RAD sangat relevan untuk membangun platform informasi geospasial yang sarat akan komponen antarmuka visual. Melalui pendekatan inkremental ini, elemen krusial seperti visualisasi peta, pemrosesan format data GeoJSON, hingga fungsionalitas *marker* dapat dirancang dalam bentuk prototipe awal untuk segera dievaluasi oleh pengguna. Keterlibatan aktif pengelola kawasan dalam meninjau prototipe peta digital ini secara efektif mampu mereduksi risiko ketidaksesuaian fitur (Arifin & Supriyatna, 2023). Hasil akhirnya adalah sebuah sistem WebGIS yang ringan, responsif, dan presisi dalam memetakan persebaran vegetasi sesuai dengan standar tata kelola lanskap kampus (Pricillia & Zulfachmi, 2021).

2.2.11 Black Box

Pengujian perangkat lunak merupakan tahapan krusial dalam siklus pengembangan sistem guna menjamin kualitas, keandalan, dan stabilitas

fungsionalitas sebelum aplikasi diluncurkan. Secara prinsip, tahapan ini berfungsi untuk memverifikasi dan memvalidasi bahwa perangkat lunak yang dibangun telah memenuhi spesifikasi ekspektasi dan kebutuhan pengguna (Ayuningtyas et al., 2023). Melalui pengujian yang sistematis, pengembang dapat mengidentifikasi serta mereduksi kesalahan pemrograman, sehingga mampu menghasilkan sistem yang berkinerja optimal dan siap dioperasikan (Sholeh et al., 2021).

Metode *black box* adalah teknik pengujian fungsionalitas yang difokuskan sepenuhnya pada evaluasi kesesuaian antara input dan output tanpa perlu meninjau struktur kode internal atau logika program di baliknya (Ayuningtyas et al., 2023). Pendekatan ini menilai respons sistem terhadap data uji untuk memastikan bahwa setiap fitur beroperasi secara presisi sesuai dengan perancangan awal. Dengan memantau hasil eksekusi ini, metode *black box* terbukti efektif dalam mendeteksi anomali pada berbagai kategori fungsional aplikasi (Ayuningtyas et al., 2023).

Penerapan pengujian *black box* pada WebGIS inventarisasi pohon sangat esensial guna memastikan sinkronisasi antara fitur spasial dan operasional manajemen data (Hasanah et al., 2025). Pengujian difokuskan pada validasi fungsionalitas kunci, seperti keberhasilan penyimpanan data atribut biometrik ke basis data, responsivitas navigasi peta, hingga akurasi kemunculan *pop-up* saat *marker* diklik (Le Tan Dat & Minh Hai, 2024). Evaluasi komprehensif terhadap interaksi elemen geospasial ini menjamin stabilitas sistem dalam menyajikan informasi persebaran pohon, sehingga mampu memberikan pengalaman pengguna yang interaktif dan informatif di lingkungan kampus (Maulana et al., 2025).

2.2.12 Validasi Ahli Media

Validasi ahli media merupakan proses penilaian yang dilakukan oleh pakar di bidang teknologi informasi atau pengembangan sistem untuk menilai kualitas suatu sistem sebelum digunakan oleh pengguna akhir (Aini et al., 2023). Dalam pengembangan WebGIS, validasi ini bertujuan memastikan bahwa tampilan, struktur, navigasi, dan fungsi sistem telah sesuai dengan standar yang ditetapkan.

Tujuan utama validasi ahli media adalah mengetahui tingkat kelayakan WebGIS serta mengidentifikasi bagian yang perlu diperbaiki. Masukan dari

validator digunakan sebagai dasar revisi agar sistem menjadi lebih efektif, efisien, dan mudah digunakan (Hapsari & Zulherman, 2021).

Penilaian ahli media mencakup aspek tampilan dan aspek teknis (Aini et al., 2023). Aspek tampilan meliputi desain antarmuka, warna, keterbacaan teks, simbol peta, dan tata letak informasi. Aspek teknis meliputi kemudahan navigasi, responsivitas sistem, kemudahan penggunaan, serta fungsi fitur seperti *marker*, dan jendela *pop-up* informasi.

Hasil validasi digunakan untuk menentukan kelayakan sistem. WebGIS dinyatakan layak apabila memperoleh kategori valid atau sangat valid berdasarkan penilaian para ahli. Nilai yang tinggi menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi standar kualitas dari segi tampilan, navigasi, dan fungsi (Hapsari & Zulherman, 2021).

Pada penelitian ini, validasi ahli media penting untuk memastikan bahwa WebGIS mampu menyajikan data sebaran pohon secara jelas, akurat, dan mudah dipahami. Evaluasi terhadap tampilan peta, informasi atribut, navigasi, dan responsivitas antarmuka membantu memastikan bahwa sistem tidak hanya berfungsi dengan baik, tetapi juga efektif sebagai sarana inventarisasi dan penyajian informasi spasial di lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

جامعة الرانري
AR-RANIRY

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini dikategorikan sebagai penelitian terapan (*Applied Research*), yaitu suatu investigasi sistematis yang ditujukan untuk memberikan solusi atas permasalahan praktis dan spesifik di lapangan. Dalam konteks penelitian ini, permasalahan praktis yang diangkat adalah belum tersedianya sistem inventarisasi dan pemetaan pohon yang terdokumentasi secara digital di lingkungan kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Melalui pendekatan terapan ini, penelitian difokuskan untuk menyediakan sebuah sistem informasi spasial berbasis web sebagai sarana pendataan dan visualisasi sebaran pohon guna mendukung pengelolaan tata hijau yang lebih terstruktur.

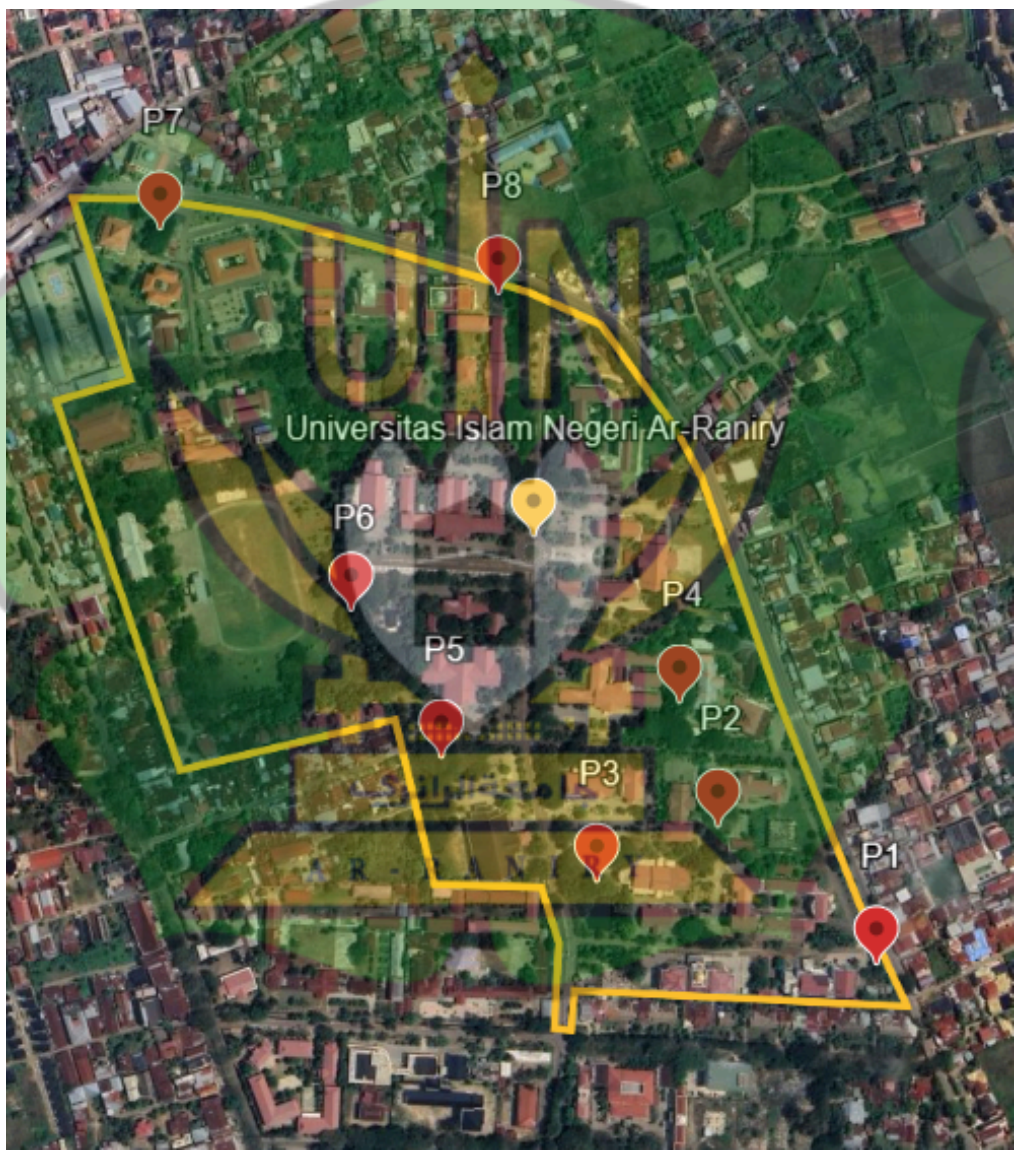
Untuk merealisasikan solusi tersebut, penelitian ini dilaksanakan menggunakan pendekatan rekayasa perangkat lunak (*software engineering*) dengan mengadopsi model pengembangan RAD. Pendekatan ini memungkinkan perancangan sistem dilakukan secara iteratif dan responsif terhadap kebutuhan pengguna. Adapun output utama yang dihasilkan dari serangkaian proses ini adalah sebuah produk teknologi berupa aplikasi WebGIS yang fungsional, interaktif, dan dapat diakses secara daring. Sistem ini dirancang secara khusus untuk memfasilitasi proses manajemen data spasial dan visualisasi peta persebaran pohon bagi pemangku kepentingan di lingkungan kampus.

3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di lingkungan kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh dengan area observasi difokuskan pada beberapa kawasan kampus yang memiliki tutupan vegetasi dan keberadaan pohon yang representatif untuk kegiatan inventarisasi. Titik pengambilan sampel ditentukan terlebih dahulu melalui survei pendahuluan dan pemetaan menggunakan Google Earth. Berdasarkan hasil pemetaan tersebut, ditetapkan delapan titik sampling yang tersebar di berbagai area kampus sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.1. Pada setiap titik sampling dibuat plot vegetasi berukuran 10 × 10 meter sebagai

unit pengamatan. Seluruh pohon yang berada di dalam batas plot kemudian diinventarisasi dengan mencatat jenis pohon, keliling batang, tinggi pohon, koordinat lokasi, serta dokumentasi foto.

Pemilihan titik dan plot dilakukan dengan mempertimbangkan keterwakilan kondisi vegetasi, kemudahan akses, dan keberadaan ruang terbuka hijau di lingkungan kampus. Data hasil inventarisasi tersebut selanjutnya digunakan sebagai data utama dalam pembangunan WebGIS inventarisasi dan pemetaan pohon.



Gambar 3.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Adapun waktu pelaksanaan penelitian ini dijadwalkan berlangsung selama kurun waktu enam bulan. Rangkaian kegiatan operasional disusun secara

berurutan, dimulai dari tahap studi literatur, pengumpulan data, pengembangan sistem, hingga tahap akhir berupa pengujian perangkat lunak. Rincian jadwal pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Jenis Kegiatan	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus
Studi literatur							
Pengumpulan data							
Pengembangan sistem							
Pengujian sistem							
Penyusunan laporan							

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian dan pengembangan WebGIS ini, dibutuhkan perangkat keras dan perangkat lunak yang memadai untuk mendukung seluruh tahapan, mulai dari perancangan, pengkodingan, hingga pengujian sistem.

3.3.1 Perangkat Keras

Perangkat keras utama yang digunakan berupa laptop dengan spesifikasi standar yang memadai untuk menjalankan server web lokal serta mendukung kelancaran proses rekayasa perangkat lunak WebGIS. Spesifikasi perangkat keras utama yang digunakan diuraikan pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Spesifikasi Perangkat Keras Utama

Komponen	Spesifikasi
Processor	Intel Core i5-825OU
RAM	12 GB DDR4 2133MHz
Storage	512 GB iCoolax SATA3

Graphic Card	Intel UHD Graphics 620

Selain perangkat keras untuk pengembangan sistem, penelitian ini juga menggunakan perangkat keras pendukung berupa ponsel pintar (*Smartphone*), yang secara khusus digunakan pada tahapan observasi langsung. Adapun spesifikasi ponsel pintar yang digunakan diuraikan pada Tabel 3.3 berikut:

Tabel 3.3 Spesifikasi Perangkat Keras Pendukung

Komponen	Spesifikasi
Merk/tipe	Samsung Galaxy A56
Sistem Operasi	Android 15, OneUI 8.0
Kamera	50 MP
Penyimpanan	8GB/256GB
Sensor Navigasi	GPS, GALILEO, GLONASS, BDS, QZSS

3.3.2 Perangkat untuk Identifikasi dan Inventarisasi Pohon

Perangkat yang digunakan dalam proses identifikasi dan inventarisasi pohon meliputi perangkat pengukuran, penentuan posisi, identifikasi jenis, serta dokumentasi lapangan. Perangkat tersebut digunakan untuk memperoleh data karakteristik pohon dan informasi spasial yang menjadi dasar dalam pembangunan basis data WebGIS. Perangkat yang digunakan dalam proses pengumpulan data ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Perangkat untuk Identifikasi dan Inventarisasi Pohon

Alat/Perangkat	Fungsi
Meteran Gulung	Menentukan jarak 10 meter dalam pembuatan plot serta mengukur keliling pohon berukuran besar apabila tidak dapat dijangkau menggunakan pita meteran.
Kompas Digital	Menentukan arah dan membantu memastikan orientasi serta ukuran plot sesuai dengan rancangan pengambilan sampel.
Tali Rafia	Membentuk dan menandai batas plot pengamatan.

Pita meteran	Mengukur keliling batang pohon pada saat inventarisasi.
GPS Smartphone	Menentukan dan merekam koordinat geografis lokasi pohon.
Pl@ntNet	Membantu mengidentifikasi jenis atau spesies pohon berdasarkan karakteristik visual tanaman.
Smart Measure	Membantu mengestimasi tinggi pohon berdasarkan pengukuran di lapangan.
Kamera Smartphone	Mendokumentasikan kondisi dan objek pohon sebagai data pendukung identifikasi serta inventarisasi.

Perangkat-perangkat tersebut digunakan secara terpadu selama proses pengambilan data lapangan. Meteran gulung, kompas digital, dan tali rafia digunakan dalam pembentukan plot, sedangkan pita meteran digunakan untuk memperoleh ukuran keliling batang pohon. Smartphone dimanfaatkan untuk memperoleh koordinat lokasi, dokumentasi foto, serta menjalankan aplikasi Pl@ntNet dan Smart Measure dalam membantu proses identifikasi jenis dan pengukuran tinggi pohon. Data yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai data atribut dan spasial dalam sistem WebGIS.

3.3.3 Perangkat Lunak untuk Pengembangan Sistem

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi untuk mendukung seluruh proses pengembangan sistem WebGIS, mulai dari perancangan antarmuka, penulisan kode program, pengelolaan basis data, hingga visualisasi data spasial. Perangkat lunak yang digunakan dalam pengembangan sistem disajikan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Perangkat Lunak untuk Pengembangan Sistem

Perangkat Lunak	Versi	Fungsi
Visual Studio Code	1.123.0	Digunakan untuk menulis dan mengelola kode program WebGIS.
Figma	126.4.13	Digunakan untuk merancang antarmuka sistem.

XAMPP	8.2.12-0	Digunakan sebagai lingkungan server lokal dalam pengembangan sistem.
MySQL	10.4.32-MariaDB	Digunakan untuk menyimpan dan mengelola data sistem.
PHP	8.2.12	Digunakan sebagai bahasa pemrograman sisi server.
CodeIgniter 4	4.7.0	Digunakan sebagai framework dalam pengembangan aplikasi WebGIS.
Leaflet.js	1.9.4	Digunakan untuk menampilkan data spasial dalam bentuk peta interaktif.
phpMyAdmin	5.2.1	Digunakan untuk mengelola basis data MySQL melalui antarmuka web

3.4. Teknik Pengumpulan Data

3.4.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan berbagai referensi yang berkaitan dengan topik penelitian, seperti buku, jurnal ilmiah, skripsi, dan sumber ilmiah lainnya. Selain digunakan untuk memperoleh landasan teori yang mendukung penelitian, studi literatur juga dilakukan untuk mengumpulkan data referensi pohon yang akan digunakan dalam basis data sistem. Proses ini dilakukan dengan menelaah berbagai sumber, seperti jurnal ilmiah, buku identifikasi tumbuhan, situs botani, serta basis data densitas kayu internasional.

Data densitas kayu diperoleh dari *Global Wood Density Database v.2* (GWDD v.2) yang dipublikasikan melalui platform Zenodo dan memiliki DOI resmi. Basis data tersebut menyediakan nilai densitas kayu untuk ribuan spesies pohon yang telah distandarisasi secara taksonomi dan banyak digunakan dalam penelitian biomassa, karbon, dan inventarisasi vegetasi. Nilai densitas yang sesuai dengan spesies pohon kemudian dipilih dan diintegrasikan ke dalam tabel master_spesies pada sistem WebGIS.

Melalui proses tersebut diperoleh data referensi sebanyak 305 jenis pohon yang meliputi nama pohon, nama ilmiah, dan nilai densitas kayu. Data tersebut selanjutnya digunakan sebagai basis data referensi yang terintegrasi dengan sistem

WebGIS sehingga memudahkan proses identifikasi dan pengelolaan data pohon hasil observasi lapangan.

3.4.2 Observasi Langsung

Observasi langsung merupakan teknik pengumpulan data yang dilaksanakan melalui peninjauan lapangan secara komprehensif di lingkungan kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Tahapan ini bertujuan untuk mengumpulkan data atribut spasial dan fisik dari setiap objek pohon yang dijadikan sampel penelitian. Proses pengambilan data di lapangan dilaksanakan melalui serangkaian tahapan teknis berikut:

1. **Penentuan Titik Sampel:** Menentukan titik pengamatan menggunakan Google Earth berdasarkan hasil survei pendahuluan pada area kampus yang memiliki tutupan vegetasi dan keberadaan pohon yang representatif. Pada penelitian ini ditetapkan delapan titik sampel yang tersebar di beberapa kawasan kampus.
2. **Pembuatan Plot Vegetasi:** Pada setiap titik sampel dibuat plot vegetasi berukuran 10 × 10 meter menggunakan meteran, kompas digital, dan tali rafia sebagai penanda batas area. Seluruh pohon yang batang utamanya berada di dalam batas plot dijadikan objek inventarisasi.
3. **Identifikasi Pohon:** Memindai pohon menggunakan aplikasi Pl@ntNet pada ponsel pintar untuk mengidentifikasi nama lokal dan nama ilmiah spesies.
4. **Pengukuran Biometrik:** Melakukan pengukuran dimensi fisik pohon yang mencakup dua parameter utama. Pengukuran tinggi pohon, diestimasi secara digital menggunakan aplikasi Smart Measure, sementara pengukuran diameter dilakukan dengan mengukur keliling batang pohon secara manual menggunakan pita ukur, lalu hasilnya akan dikonversi dengan rumus persamaan berikut.

$$d = \frac{k}{\pi}$$

d = Diameter pohon (cm)

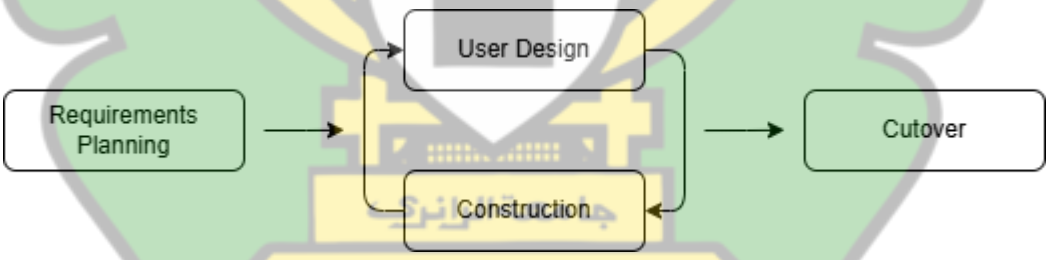
k = Keliling atau lingkar batang pohon (cm)

π = 3,14

5. **Pengambilan Titik Koordinat Spasial:** Merekam letak posisi geografis (*latitude* dan *longitude*) dari masing-masing sampel pohon menggunakan sensor GPS pada perangkat ponsel pintar. Pengambilan titik koordinat ini memiliki tingkat akurasi bawaan perangkat dengan estimasi toleransi kesalahan (*margin of error*) sekitar 3 hingga 10 meter, bergantung pada tingkat kerapatan tutupan tajuk pohon yang memengaruhi penerimaan sinyal satelit di lokasi observasi.
6. **Dokumentasi Visual:** Mengambil gambar riil dari kondisi fisik pohon menggunakan kamera ponsel pintar.

3.5. Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini adalah RAD. Metode ini dipilih karena mampu mendukung proses pengembangan perangkat lunak secara cepat melalui pendekatan iteratif dan keterlibatan pengguna dalam proses perancangan sistem. Selain itu, RAD dinilai sesuai dengan kebutuhan penelitian karena memungkinkan adanya penyesuaian dan pengembangan fitur selama proses pembangunan WebGIS inventarisasi dan pemetaan pohon di lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Gambar 3.2 berikut menggambarkan bagaimana alur pengerjaan dengan metode RAD.



Gambar 3.2 Diagram Alur Metode RAD

3.5.1 *Requirement Planning*

Tahap *Requirements Planning* adalah fase awal metode RAD yang bertujuan untuk merumuskan spesifikasi kebutuhan sistem berdasarkan analisis masalah di lokasi penelitian. Spesifikasi kebutuhan ini diklasifikasikan menjadi tiga aspek utama, yaitu:

1. **Kebutuhan Fungsional:** Menetapkan fitur esensial WebGIS yang mencakup visualisasi peta interaktif, tampilan *pop-up* informasi pohon,

dan modul *Create, Read, Update, Delete* (CRUD) untuk pengelolaan sistem.

2. **Kebutuhan Data:** Merumuskan elemen data yang akan dimasukkan ke dalam basis data. Data ini mencakup informasi spasial berupa koordinat lokasi, serta data atribut yang berisi nama lokal, nama ilmiah, densitas, dimensi fisik, dan dokumentasi visual pohon.
3. **Kebutuhan Pengguna:** Membagi hak akses menjadi dua peran, yakni Administrator yang memiliki akses penuh mengelola data, dan Pengguna Umum yang hanya dapat melihat dan mengeksplorasi peta informasi.

3.5.2 *User Design*

Tahap User Design merupakan fase perancangan antarmuka dan arsitektur sistem yang dilakukan untuk memberikan gambaran visual serta struktural sebelum memasuki tahap pengkodean. Aktivitas pada tahap ini meliputi:

1. **Perancangan Antarmuka (UI/UX):** Membuat rancangan visual berupa *wireframe* dan *mockup* interaktif menggunakan Figma. Perancangan ini difokuskan pada tata letak peta interaktif, jendela *pop-up* informasi pohon, serta halaman *dashboard* pengolahan data untuk administrator.
2. **Perancangan Logika dan Basis Data:** Menyusun skema konseptual yang mendasari logika operasional sistem. Tahapan ini mencakup pendefinisian alur interaksi pengguna melalui pemodelan *Unified Modeling Language* (UML) serta perancangan relasi antar-entitas data atribut pohon menggunakan *Entity Relationship Diagram* (ERD).

3.5.3 *Construction*

Tahap Construction merupakan fase eksekusi rekayasa perangkat lunak di mana seluruh rancangan konseptual, logika, dan antarmuka dari tahap *User Design* diimplementasikan menjadi sistem WebGIS yang fungsional. Proses pengembangan aplikasi pada tahap ini mencakup beberapa aktivitas teknis utama, yaitu:

1. **Pengembangan Arsitektur dan Basis Data:** Membangun logika sistem menggunakan kerangka kerja CodeIgniter 4 dengan arsitektur MVC untuk memisahkan pengelolaan data dan tampilan secara terstruktur. Sementara

itu, MySQL digunakan untuk membangun basis data relasional guna menyimpan data inventarisasi vegetasi, dan data pendukung lainnya.

2. **Visualisasi Pemetaan Interaktif:** Mengintegrasikan pustaka JavaScript Leaflet.js pada sisi *frontend* untuk menampilkan data spasial pohon ke dalam bentuk peta digital interaktif beserta fitur *pop-up* informasi.
3. **Implementasi Fitur:** Mengembangkan modul operasional sistem yang mencakup autentikasi administrator (*login*) dan manajemen pengelolaan data. Pada tahap ini, diimplementasikan pula fitur *suggestion* dan *autocomplete* pada form input data. Fitur ini secara otomatis akan merekomendasikan nama spesies dan mengisi kolom nama ilmiah serta nilai densitas kayu berdasarkan pangkalan data referensi, sehingga mempercepat proses inventarisasi.
4. **Pengujian Iteratif:** Melakukan pengujian fungsionalitas secara bertahap selama proses penulisan kode untuk memastikan setiap modul yang dibangun dapat beroperasi dengan baik sebelum memasuki tahap finalisasi.

3.5.4 *Cutover*

Tahap *Cutover* merupakan fase penutup dalam metode RAD yang difokuskan pada tahap uji kelayakan. Tujuan utamanya adalah memastikan bahwa seluruh fitur pada sistem WebGIS inventarisasi dan pemetaan pohon telah beroperasi secara optimal dan sesuai dengan spesifikasi kebutuhan awal.

Untuk memverifikasi kelayakan tersebut, pengujian sistem dilaksanakan menggunakan metode *black box testing*. Pendekatan ini secara khusus mengevaluasi fungsionalitas sistem dengan cara mencocokkan interaksi input dan output yang dihasilkan, tanpa perlu meninjau struktur kode program di baliknya.

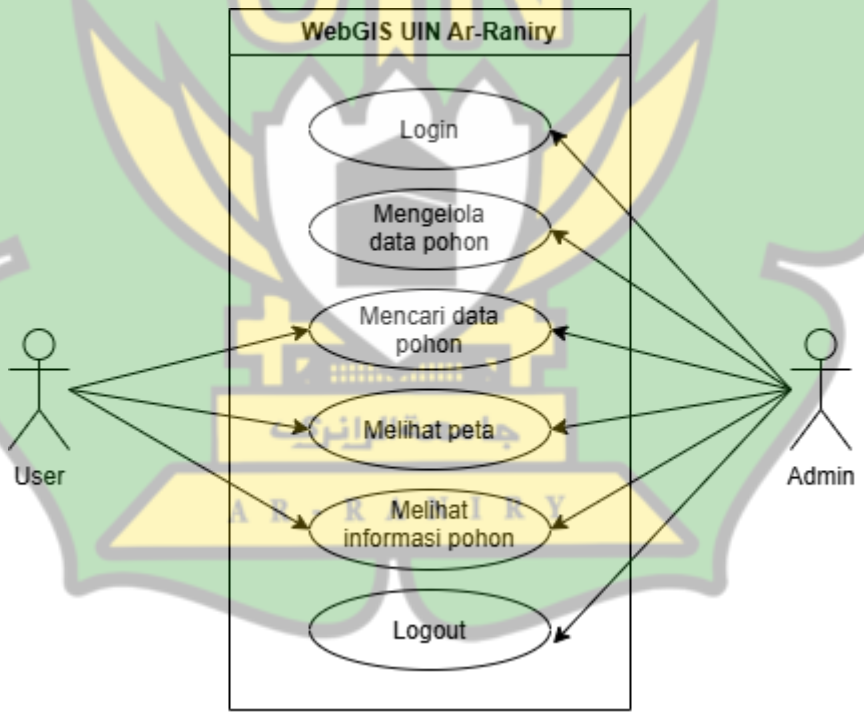
Selama proses evaluasi berlangsung, sistem akan diamati secara menyeluruh untuk mengidentifikasi setiap potensi kesalahan (bug) atau ketidaksesuaian fungsi. Apabila ditemukan adanya kendala operasional, akan langsung dilakukan perbaikan dan penyempurnaan hingga seluruh fitur terbukti stabil dan berjalan sesuai dengan target perencanaan.

3.6. Perancangan Sistem

Tahap Perancangan Sistem merupakan penjabaran teknis dari spesifikasi kebutuhan WebGIS inventarisasi pohon yang telah dirumuskan sebelumnya. Pada tahap ini, arsitektur sistem dirancang menggunakan pemodelan visual untuk memetakan alur logika operasional, interaksi aktor (Administrator dan Pengguna Umum), struktur basis data, hingga desain antarmuka. Keseluruhan rancangan tersebut direpresentasikan melalui serangkaian pemodelan terstruktur yang meliputi *Use Case Diagram*, *Activity Diagram*, ERD, skema struktur tabel, serta rancangan *User Interface* (UI).

3.6.1 *Use Case Diagram*

Use Case Diagram digunakan untuk menggambarkan interaksi antara aktor dengan sistem yang dikembangkan. Diagram ini menunjukkan hak akses serta fungsi-fungsi yang dapat dijalankan oleh setiap aktor dalam WebGIS inventarisasi dan pemetaan pohon.



Gambar 3.3 *Use Case Diagram*

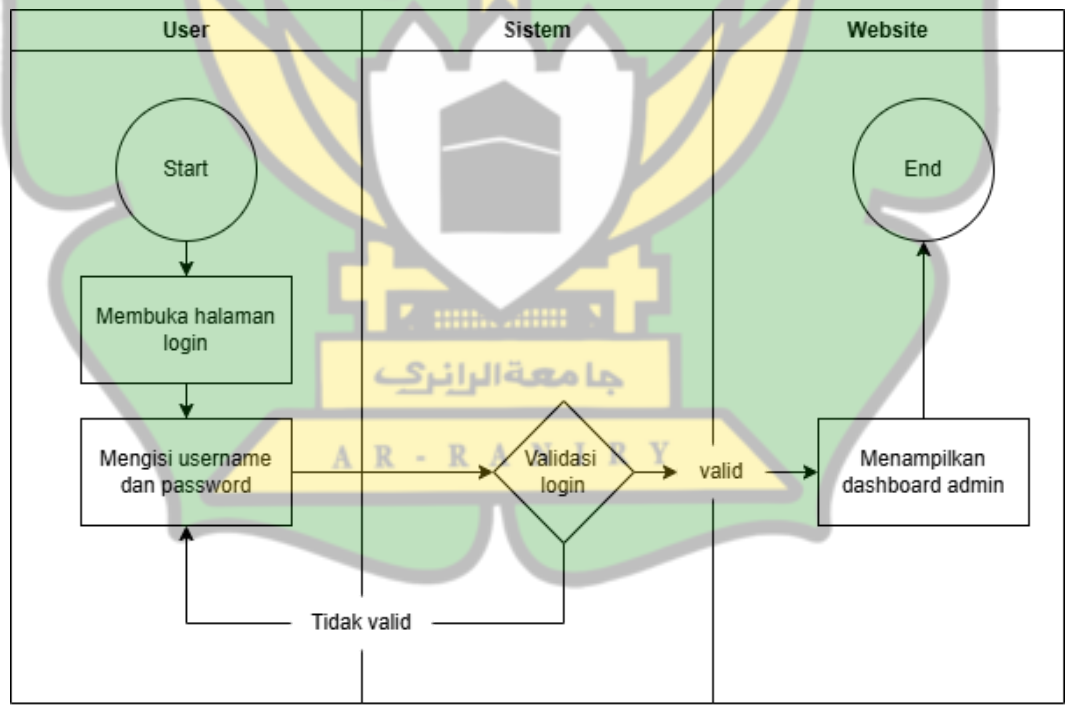
Berdasarkan *Use Case Diagram* pada gambar 3.3, terdapat dua aktor yang berinteraksi dengan sistem, yaitu

1. **Administrator.** Administrator memiliki hak akses penuh terhadap sistem setelah berhasil melakukan proses autentikasi. Administrator bertanggung jawab dalam mengelola data inventarisasi pohon, mulai dari menambahkan, mengubah, hingga menghapus data pohon yang tersimpan pada basis data.
2. **Pengguna (*user*).** Pengguna dapat melihat persebaran pohon pada peta digital, mencari data pohon, serta memperoleh informasi detail setiap pohon melalui fitur *pop-up*. Dengan pembagian hak akses tersebut, sistem dapat menjaga keamanan pengelolaan data sekaligus menyediakan kemudahan akses informasi kepada pengguna.

3.6.2 *Activity Diagram*

Activity Diagram adalah pemodelan UML yang menggambarkan alur kerja dinamis dari fungsi *Use Case Diagram*. Pemodelan ini merinci urutan proses dari aksi pengguna hingga respons logika sistem secara berurutan.

1. *Activity Diagram Login* Admin

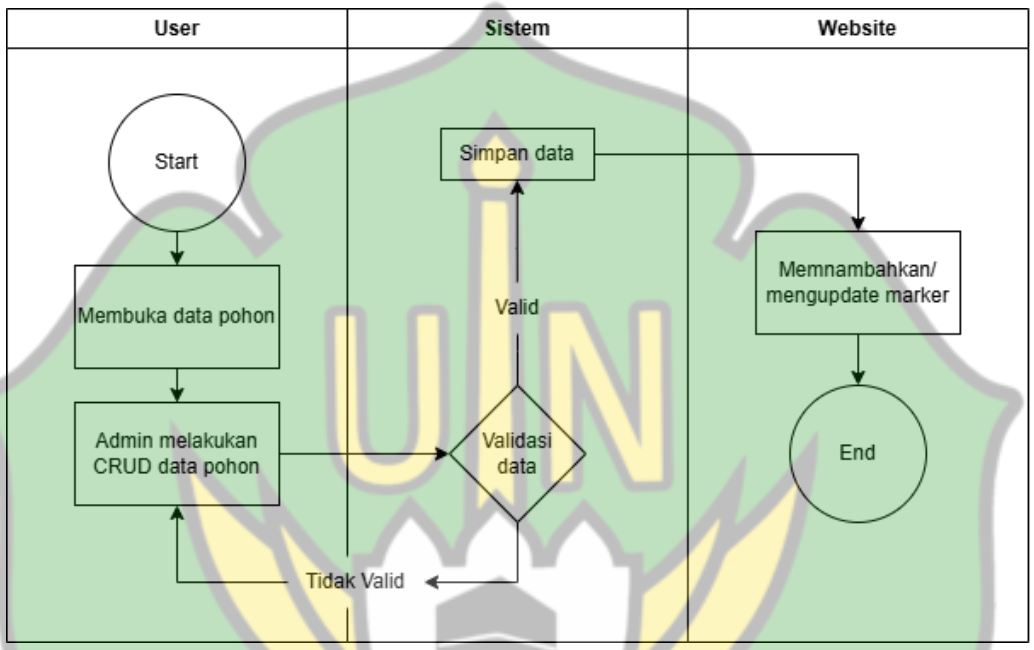


Gambar 3.4 *Activity Diagram Login* Admin

Berdasarkan Gambar 3.4, proses login dimulai ketika admin membuka halaman login, kemudian memasukkan *username* dan *password*. Sistem

selanjutnya melakukan validasi terhadap data *login* yang diberikan. Apabila data yang dimasukkan valid, sistem akan mengarahkan admin ke halaman *dashboard* sehingga admin dapat mengakses seluruh fitur pengelolaan sistem. Sebaliknya, apabila data *login* tidak valid, sistem akan mengembalikan admin ke halaman *login* untuk melakukan proses autentikasi kembali.

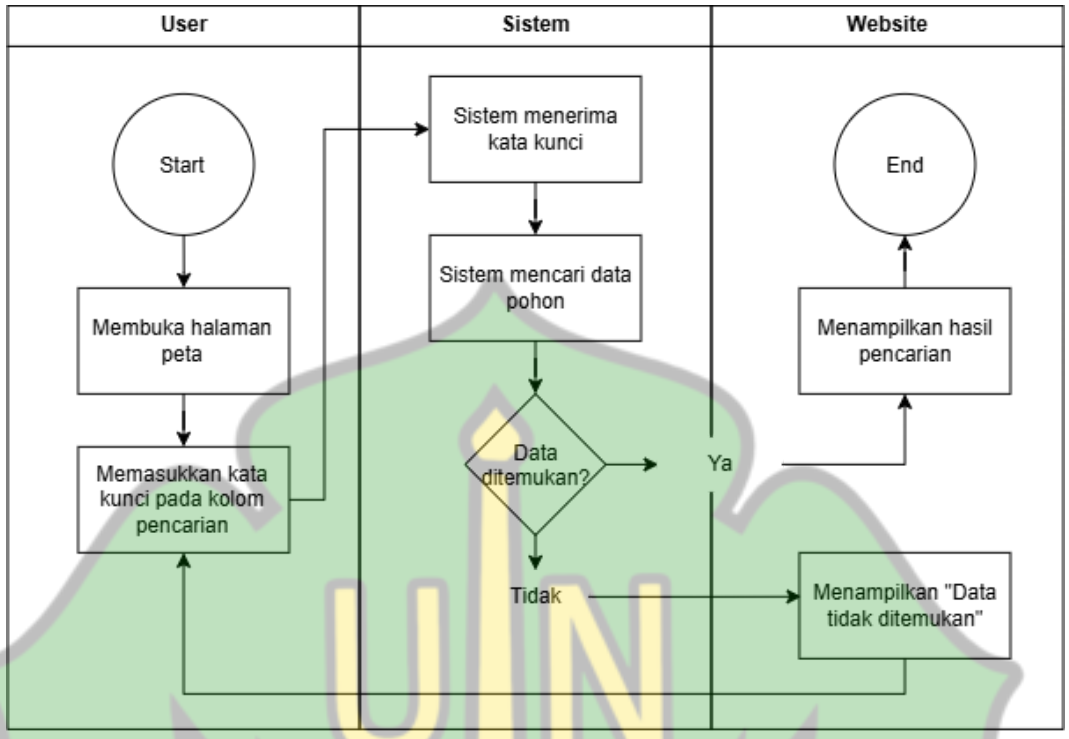
2. *Activity Diagram* Admin Mengelola Data Pohon



Gambar 3.5 *Activity Diagram* Admin Mengelola Data Pohon

Seperti yang terlihat pada Gambar 3.5, proses pengelolaan data pohon dimulai ketika admin membuka halaman data pohon dan melakukan operasi CRUD. Setiap data yang diinput atau diubah akan divalidasi terlebih dahulu oleh sistem. Jika data dinyatakan valid, sistem akan menyimpan perubahan ke dalam basis data, kemudian memperbarui informasi dan marker pada peta sehingga perubahan dapat langsung ditampilkan pada website. Apabila data tidak valid, sistem akan mengembalikan proses ke tahap pengelolaan data agar admin dapat melakukan perbaikan sebelum data disimpan.

3. *Activity Diagram User* Mencari Data Pohon

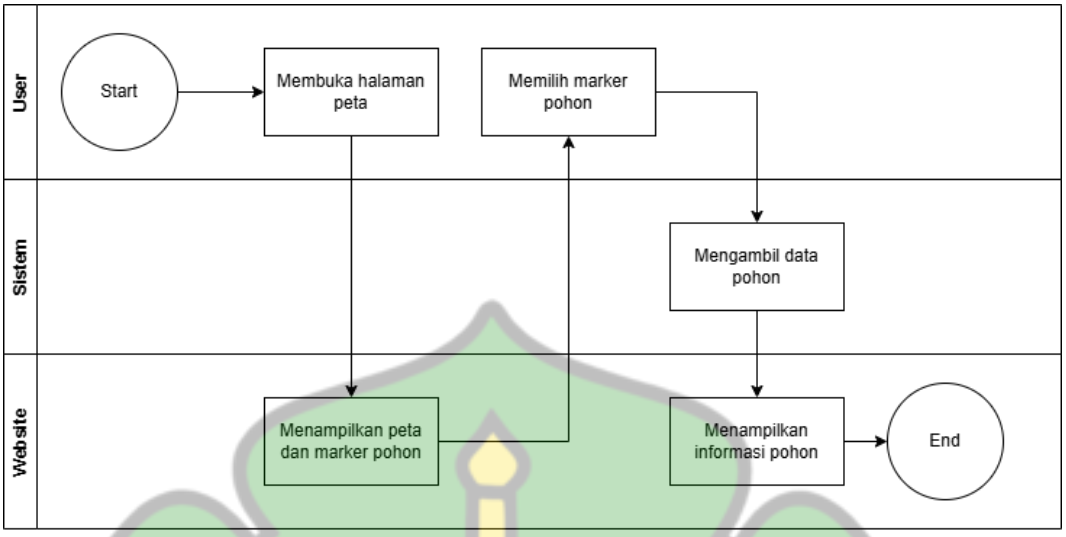


Gambar 3.6 *Activity Diagram User* mencari data pohon

Activity diagram pada Gambar 3.6 menjelaskan alur proses pencarian data pohon pada WebGIS. Pengguna memasukkan kata kunci pada kolom pencarian, kemudian sistem melakukan pencarian berdasarkan kata kunci tersebut. Jika data ditemukan, sistem menampilkan hasil pencarian, sedangkan jika data tidak ditemukan, sistem menampilkan pemberitahuan dan pengguna dapat melakukan pencarian kembali.

جامعة الرانري
AR-RANIRY

4. *Activity Diagram User* Melihat Informasi Pohon



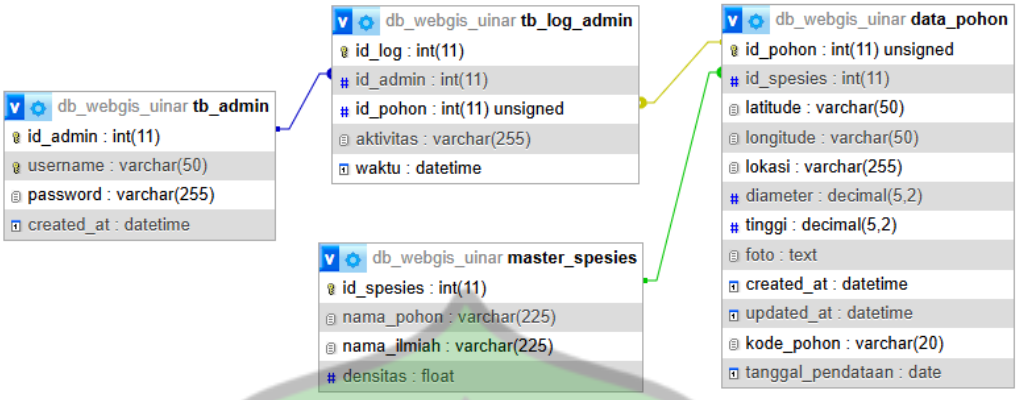
Gambar 3.7 *Activity Diagram User* melihat informasi pohon

Activity diagram pada gambar 3.7 menjelaskan bagaimana alur proses ketika pengguna mengakses informasi detail suatu pohon melalui peta interaktif. Pengguna terlebih dahulu membuka halaman peta, kemudian memilih *marker* pohon yang diinginkan. Selanjutnya sistem mengambil data pohon yang tersimpan pada basis data dan menampilkannya dalam bentuk *pop-up* yang berisi informasi seperti nama pohon, nama ilmiah, densitas kayu, diameter batang, tinggi pohon, serta informasi pendukung lainnya. Melalui proses ini, pengguna dapat memperoleh informasi inventarisasi pohon secara cepat dan interaktif.

3.6.3 *Entity Relationship Diagram* (ERD)

Entity Relationship Diagram (ERD) merupakan model konseptual yang digunakan untuk menggambarkan struktur basis data relasional secara visual, termasuk entitas, atribut, serta hubungan antarentitas. Pada pengembangan WebGIS inventarisasi dan pemetaan pohon, ERD digunakan sebagai acuan dalam perancangan basis data MySQL yang terdiri atas empat entitas utama beserta atribut-atributnya.

Gambar 3.8 di bawah ini menyajikan rancangan ERD untuk WebGIS inventarisasi dan pemetaan pohon:



Gambar 3.8 *Entity Relationship Diagram* (ERD)

Berdasarkan rancangan ERD pada gambar 3.6 tersebut, hubungan antarentitas dijelaskan sebagai berikut:

1. **Master Spesies ke Data Pohon (*One-to-Many*):** Satu data referensi spesies dapat digunakan oleh banyak titik individu pohon yang tersebar di peta kampus.
2. **Admin ke Log Admin (*One-to-Many*):** Satu akun administrator dapat merekam banyak jejak aktivitas operasional seperti *login* atau manipulasi data di dalam sistem.
3. **Data Pohon ke Log Admin (One-to-Many):** Tabel data_pohon berelasi dengan tabel tb_log_admin untuk merekam riwayat perubahan data pada setiap individu pohon.

3.6.4 Struktur Tabel

Berikut adalah rincian struktur tabel yang digunakan dalam sistem WebGIS inventarisasi pohon, mencakup nama kolom, tipe data, dan keterangannya.

1. **Tabel Admin.** Tabel ini berfungsi untuk menyimpan data profil dan kredensial autentikasi administrator. Tabel 3.6 berikut menjabarkan spesifikasi struktur untuk tabel admin.

Tabel 3.6 Tabel Admin

Nama Kolom	Tipe Data	Keterangan
id_admin	INT(11) (PK)	*Primary Key*, identifikasi unik untuk data administrator.
username	VARCHAR(50)	Nama pengguna yang digunakan untuk keperluan *login* ke *dashboard*
password	VARCHAR(255)	Kata sandi administrator (terenkripsi) untuk keamanan akses.
created_at	DATETIME	Waktu dan tanggal saat data akun administrator ditambahkan.

2. **Tabel Log Admin.** Tabel ini berfungsi sebagai *audit trail* untuk merekam setiap aktivitas operasional dan manipulasi data yang dilakukan oleh administrator di dalam sistem. Adapun struktur tabel master spesies disajikan pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7 Tabel Log Admin

Nama Kolom	Tipe Data	Keterangan
id_log	INT(11) (PK)	*Primary Key*, identifikasi unik untuk setiap rekaman aktivitas (*auto increment*).
id_admin	INT(11) (FK)	*Foreign Key*, atribut relasional yang menautkan log dengan data administrator.
id_pohon	INT(11) (FK)	*Foreign Key*, menautkan aktivitas dengan entitas spesifik dari data inventarisasi pohon.
aktivitas	VARCHAR(255)	Rekaman deskriptif mengenai jenis aksi atau manipulasi data yang dilakukan.
waktu	DATETIME	*Timestamp* kronologis saat aktivitas tersebut dieksekusi oleh sistem.

3. **Tabel Master Spesies.** Tabel ini digunakan untuk menyimpan data referensi spesies pohon yang meliputi nama lokal, nama ilmiah, dan nilai

densitas kayu. Adapun struktur tabel master spesies disajikan pada Tabel 3.8 berikut:

Tabel 3.8 Tabel Master Spesies

Nama Kolom	Tipe Data	Keterangan
id_spesies	INT(11) (PK)	*Primary Key*, identifikasi unik untuk setiap data referensi spesies pohon.
nama_pohon	VARCHAR(255)	Nama lokal atau sebutan umum dari spesies pohon.
nama_ilmiah	VARCHAR(255)	Nama ilmiah (nama latin) dari spesies pohon.
densitas	FLOAT	Nilai kerapatan atau massa jenis kayu dari spesies bersangkutan.

4. **Tabel Data Pohon.** Tabel ini digunakan untuk menyimpan data hasil inventarisasi pohon yang diperoleh dari lapangan, meliputi informasi koordinat, karakteristik pohon, serta dokumentasi foto. Struktur tabel data pohon disajikan pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Tabel Data Pohon

Nama Kolom	Tipe Data	Keterangan
id_pohon	INT(11) (PK)	*Primary Key*, identifikasi unik untuk setiap data inventarisasi pohon.
id_spesies	INT(11) (FK)	Foreign Key, atribut relasional yang menautkan data ke tabel master_spesies.
latitude	VARCHAR(50)	Titik koordinat garis lintang dari lokasi keberadaan pohon.
longitude	VARCHAR(50)	Titik koordinat garis bujur dari lokasi keberadaan pohon.
lokasi	VARCHAR(255)	Lokasi deskriptif di mana pohon tersebut berada.
diameter	DECIMAL(5,2)	Nilai ukur dimensi diameter

		setinggi dada (DBH) batang pohon.
tinggi	DECIMAL(5,2)	Nilai ukur dimensi tinggi keseluruhan pohon.
foto	VARCHAR(255)	Direktori penyimpanan atau nama *file* dari dokumentasi visual pohon.
created_at	DATETIME	Waktu dan tanggal saat data inventarisasi pertama kali ditambahkan ke sistem.
updated_at	DATETIME	Waktu dan tanggal saat data inventarisasi terakhir kali diperbarui atau dimodifikasi.
kode_pohon	VARCHAR(20)	Kode identifikasi khusus untuk keperluan pelabelan pohon.
tanggal_pendataan	DATE	Tanggal dilakukannya proses observasi dan pengukuran biometrik pohon di lapangan.

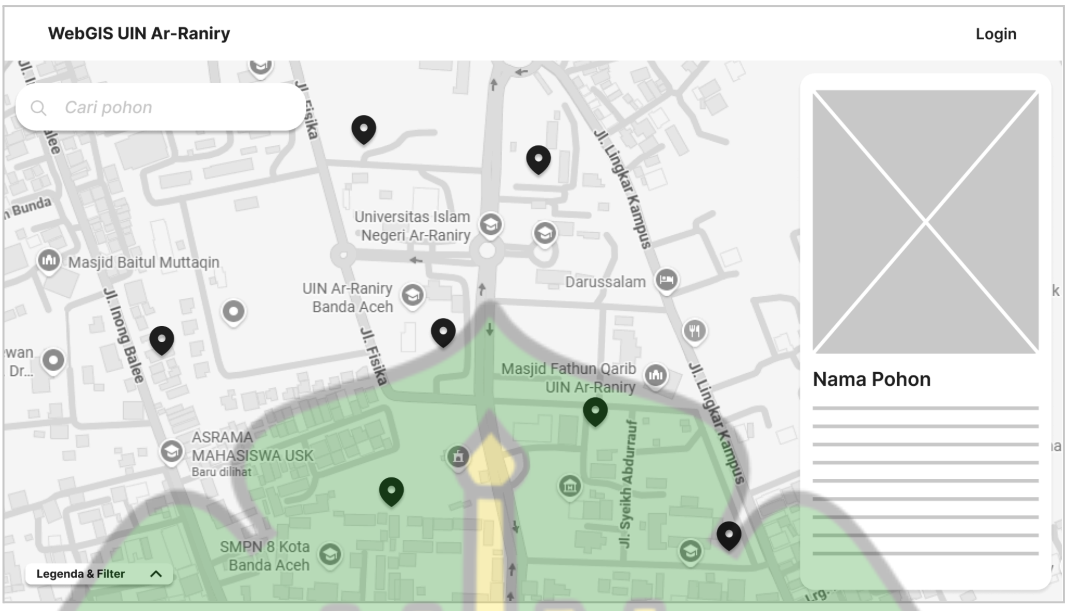
3.6.5 Perancangan Antarmuka (*User Interface*)

Perancangan antarmuka adalah tahap visualisasi tata letak tampilan sistem yang dibangun. Antarmuka WebGIS ini dirancang agar responsif dan mudah digunakan, sehingga pengguna dapat berinteraksi dengan peta dan data spasial secara efisien.

1. Halaman Peta Publik

Gambar 3.9 Halaman Peta Publik

2. Tampilan *Pop-up* Informasi

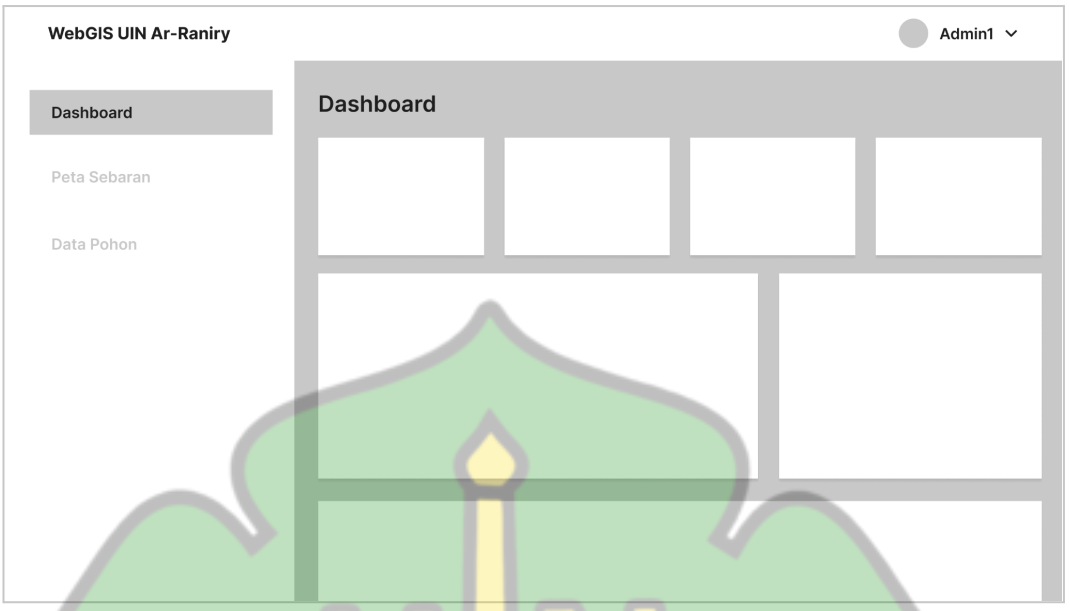


Gambar 3.10 Tampilan *Pop-up* Informasi

3. Halaman *Login* Admin

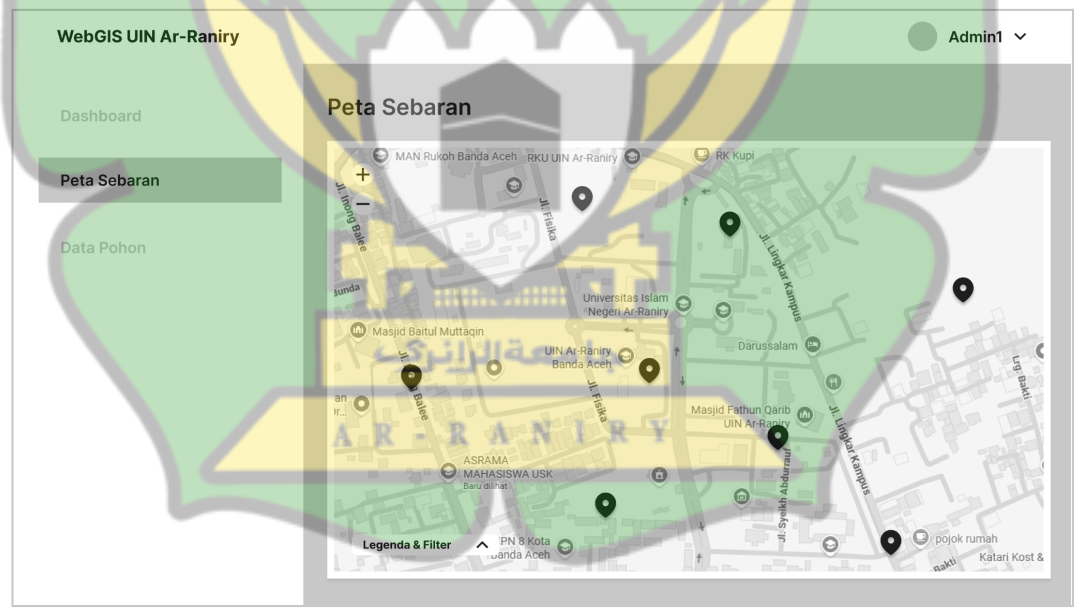
Gambar 3.11 Halaman *Login* Admin

4. Halaman Dashboard Admin



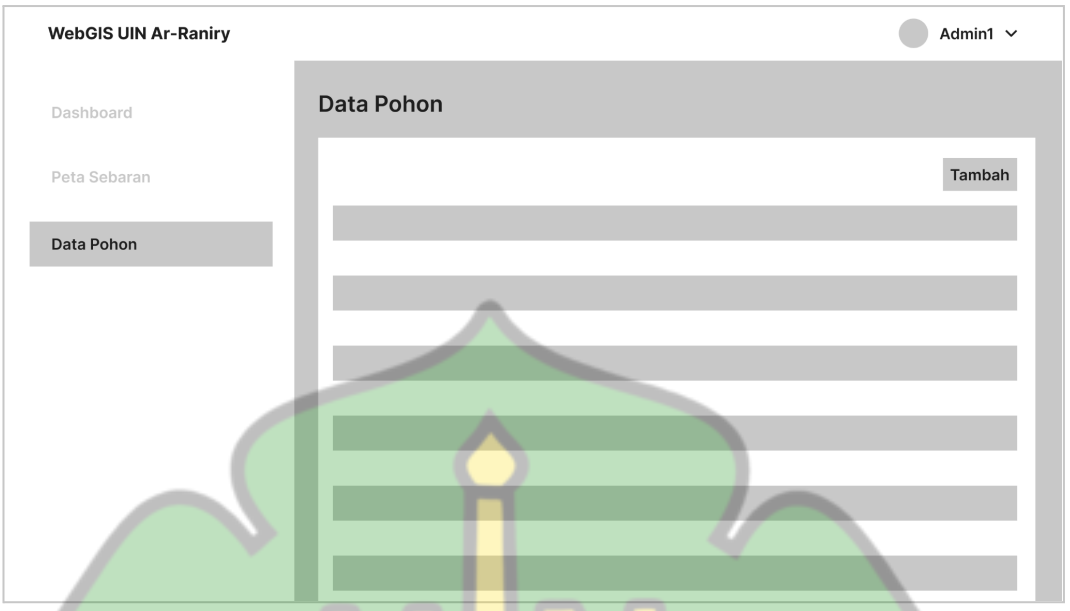
Gambar 3.12 Halaman *Dashboard* Admin

5. Halaman Peta Admin



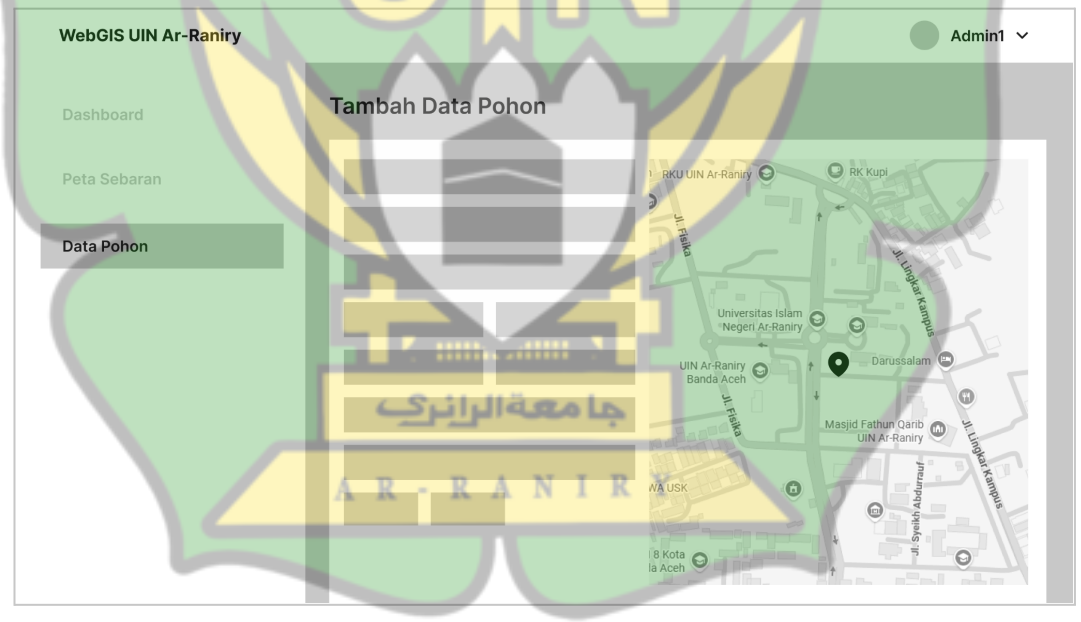
Gambar 3.13 Halaman Peta Admin

6. Halaman Pengelolaan Data Pohon



Gambar 3.14 Halaman Pengelolaan Data Pohon

7. Halaman Tambah/Edit Data Pohon



Gambar 3.15 Halaman Tambah/Edit Data Pohon

3.7. Teknik Pengujian Sistem

Teknik pengujian sistem dilakukan dalam dua tahap krusial untuk memastikan bahwa WebGIS yang dikembangkan tidak hanya berjalan sesuai dengan spesifikasi fungsional, tetapi juga memiliki tingkat kelayakan yang tinggi.

3.7.1 *Black Box Testing*

Teknik pengujian *black box testing* dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fungsi pada WebGIS yang dikembangkan dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional. Pengujian bertujuan untuk mengetahui apakah setiap fitur mampu menghasilkan output yang sesuai dengan inputan yang diberikan.

Setiap fitur diuji menggunakan beberapa skenario untuk memastikan sistem memberikan hasil yang sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang. Pengujian dilakukan terhadap fitur-fitur utama sistem, meliputi *login*, pengelolaan data pohon, tampilan peta persebaran pohon, *marker* dan *pop-up* informasi pohon, dan lain sebagainya. Sistem dinyatakan berhasil apabila seluruh fitur dapat berfungsi sesuai dengan hasil yang diharapkan.

Tabel 3.10 berikut memaparkan rencana pengujian apa saja yang akan dilakukan pada WebGIS dengan menggunakan metode *black box testing.*

Tabel 3.10 Tabel Rencana Pengujian *Black Box*

No.	Fitur	Tujuan Pengujian
1.	*Login* admin	Memastikan autentifikasi admin berjalan dengan benar.
2.	Peta sebaran pohon	Memastikan peta muncul dan marker ditampilkan pada koordinat yang benar.
3.	*Pop-up* informasi pohon	Memastikan informasi pohon ditampilkan ketika marker dipilih.
4.	Filter pohon	Memastikan sistem mampu menampilkan marker pohon sesuai dengan filter yang dipilih.
5.	Tambah data pohon	Memastikan data pohon dapat disimpan ke dalam basis data.
6.	Edit data pohon	Memastikan perubahan data pohon tersimpan dengan benar.
7.	Hapus data pohon	Memastikan data pohon dapat dihapus dari sistem
8.	*Suggestion* nama pohon	Memastikan sistem mampu menampilkan rekomendasi nama pohon yang sesuai dengan kata kunci yang diketik pengguna.

9.	*Autocomplete* data pohon	Memastikan data nama ilmiah dan densitas kayu muncul sesuai kata kunci yang diketik.

3.7.2 Validasi Ahli Media

Validasi ahli media dilakukan untuk menilai tingkat kelayakan WebGIS inventarisasi dan pemetaan pohon yang dikembangkan. Penilaian dilakukan oleh validator yang memiliki kompetensi di bidang teknologi informasi atau pengembangan sistem. Hasil validasi digunakan untuk mengetahui apakah sistem telah memenuhi standar kualitas sebelum digunakan pada tahap pengujian dan implementasi lebih lanjut.

Hasil validasi ahli media diinterpretasikan menggunakan persentase kelayakan untuk menentukan tingkat kelayakan WebGIS yang dikembangkan. Persentase tersebut diperoleh dari perbandingan antara skor yang diberikan oleh validator dengan skor maksimum yang dapat dicapai. Nilai persentase kemudian diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori kelayakan agar hasil penilaian lebih mudah dipahami dan digunakan sebagai dasar evaluasi sistem (Hapsari & Zulherman, 2021).

Berdasarkan kriteria yang digunakan dalam penelitian pengembangan, persentase 81%–100% dikategorikan sebagai sangat valid, yang menunjukkan bahwa sistem sangat layak digunakan tanpa memerlukan revisi besar. Persentase 61%–80% dikategorikan sebagai valid, artinya sistem layak digunakan dengan kemungkinan perbaikan kecil. Persentase 41%–60% termasuk kurang valid dan menunjukkan bahwa sistem masih memerlukan revisi yang cukup signifikan, sedangkan persentase 21%–40% dikategorikan tidak valid dan persentase 0%–20% dikategorikan sangat tidak valid (Aini et al., 2023).

Penilaian ahli dalam penelitian ini difokuskan pada aspek-aspek yang berkaitan dengan kualitas WebGIS, yaitu tampilan antarmuka, keterbacaan informasi, konsistensi desain, kemudahan navigasi, responsivitas sistem, serta fungsi fitur-fitur utama seperti *marker*, dan *pop-up* informasi. Apabila hasil validasi mencapai minimal kategori valid (≥61%), maka sistem dinyatakan layak untuk digunakan dan dapat dilanjutkan pada tahap implementasi atau pengujian lebih lanjut.

Interpretasi persentase kelayakan ini membantu peneliti menilai apakah WebGIS yang dikembangkan telah memenuhi standar kualitas dari sudut pandang ahli media, sekaligus menjadi dasar dalam menentukan kebutuhan revisi dan penyempurnaan sistem sebelum digunakan secara lebih luas.

جامعة الرانري
AR-RANIRY

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Jenis Pohon di Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Identifikasi jenis pohon dilakukan melalui observasi langsung terhadap pohon yang terdapat di lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Proses observasi dilakukan sebagaimana telah dijelaskan pada Bab III. Hasil pendataan terhadap sampel pohon disajikan secara rinci pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Identifikasi Jenis Pohon di Lingkungan UIN Ar-Raniry

No.	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Plot	Lokasi
1.	Flamboyan	*Delonix regia*	1	Fakultas Sains dan Teknologi
2.	Angsana	*Pterocarpus indicus willd*		
3.	Angsana	*Pterocarpus indicus willd*		
4.	Ketapang	*Terminalia catappa* L.	2	Fakultas Syariah dan Hukum
5.	Trembesi	*Samanea saman*		
6.	Trembesi	*Samanea saman*		
7.	Trembesi	*Samanea saman*		
8.	Jambu Air	*Syzygium samarangense*	3	LP2M UIN Ar-Raniry
9.	Mahoni	*Swietenia macrophylla king*		
10.	Mahoni	*Swietenia macrophylla king*		
11.	Mahoni	*Swietenia macrophylla king*		

12.	Mahoni	*Swietenia macrophylla king*		
13.	Asam Jawa	*Tamarindus indica L.*		
14.	Ketapang	*Terminalia catappa L.*	4	Masjid Fathun Qarib
15.	Trembesi	*Samanea saman*		
16.	Trembesi	*Samanea saman*	5	Auditorium Prof. Ali Hasymi UIN Ar-Raniry
17.	Trembesi	*Samanea saman*		
18.	Trembesi	*Samanea saman*		
19.	Mahoni	*Swietenia macrophylla king*	6	Lapangan Bola UIN Ar-Raniry
20.	Cemara Laut	*Casuarina equisetifolia L.*		
21.	Mahoni	*Swietenia macrophylla king*		
22.	Bodhi	*Ficus religiosa L.*	7	Mushalla Kompas UIN Ar-Raniry
23.	Trembesi	*Samanea saman*		
24.	Ketapang	*Terminalia catappa L.*	8	Gedung RKU UIN Ar-Raniry
25.	Ketapang	*Terminalia catappa L.*		
26.	Ketapang	*Terminalia catappa L.*		
27.	Ketapang	*Terminalia catappa L.*		

Berdasarkan Tabel 4.1, diperoleh sebanyak 27 sampel pohon yang terdiri atas 9 jenis pohon. Jenis dengan jumlah sampel terbanyak adalah Trembesi

sebanyak 8 individu, diikuti oleh Ketapang dan Mahoni masing-masing sebanyak 6 individu. Sementara itu, Angsana ditemukan sebanyak 2 individu. Sedangkan Flamboyan, Cemara Laut, Bodhi, Jambu Air, dan Asam Jawa masing-masing ditemukan sebanyak 1 individu.

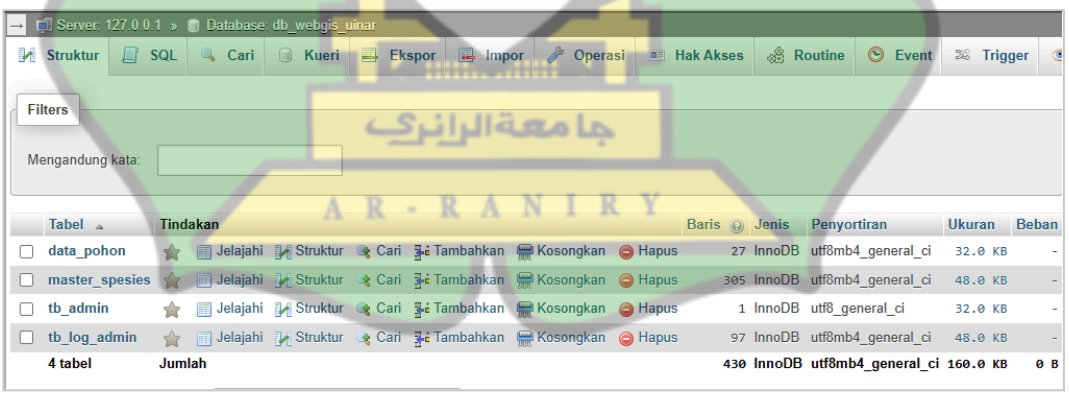
Data hasil observasi tersebut selanjutnya menjadi data yang digunakan dalam pengisian atribut inventarisasi pohon dan penentuan titik lokasi pada sistem WebGIS.

4.2 Perancangan dan Pembangunan WebGIS

Perancangan dan pembangunan WebGIS dilakukan dengan menggunakan CodeIgniter 4 sebagai framework backend, Leaflet.js sebagai pustaka pemetaan pada sisi klien, dan MySQL sebagai basis data. Tahap ini mencakup implementasi basis data dan implementasi antarmuka sistem yang digunakan oleh pengguna dan administrator.

4.2.1 Implementasi Basis Data

Implementasi basis data dilakukan menggunakan MySQL melalui aplikasi phpMyAdmin sebagai alat pengelolaan basis data pada sistem WebGIS. Basis data ini digunakan untuk menyimpan data referensi spesies, data inventarisasi pohon, data administrator, serta riwayat aktivitas administrator. Struktur tabel pada basis data ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Struktur Tabel Pada Basis Data db_webgis_uinar

1. **Implementasi Tabel master_spesies**

Tabel master_spesies digunakan untuk menyimpan data referensi spesies pohon yang diperoleh dari studi literatur. Berdasarkan hasil studi literatur, berhasil dikumpulkan sebanyak 305 data referensi pohon yang dipilih dengan mempertimbangkan jenis-jenis pohon yang sering ditemukan di wilayah Pulau Sumatera, terutama pada area perkotaan, ruang terbuka hijau, dan lingkungan pendidikan.

Setiap data referensi memuat informasi nama lokal, nama ilmiah, dan nilai densitas kayu yang kemudian diintegrasikan ke dalam tabel master_spesies pada sistem WebGIS. Data pada tabel ini kemudian menjadi sumber referensi utama dalam proses inventarisasi dan pengisian otomatis data spesies pada sistem WebGIS. Implementasi tabel master_spesies ditunjukkan pada Gambar 4.2.

Server: 127.0.0.1 » Database: db_webgis_uinar » Tabel: master_spesies

Jelajahi | Struktur | SQL | Cari | Tambahkan | Ekspor | Impor | Hak Akses

			id_spesies	nama_pohon	nama_ilmiah	densitas
Ubah	Salin	Hapus	2	Agatis	Agathis labillardieri	0.45
Ubah	Salin	Hapus	3	Ajan Kelicung	Diospyros macrophylla	0.62
Ubah	Salin	Hapus	4	Akasia	Acacia mangium	0.67
Ubah	Salin	Hapus	5	Akasia Daun Telinga	Acacia auriculiformis	0.67
Ubah	Salin	Hapus	6	Alpukat	Persea americana	0.61
Ubah	Salin	Hapus	7	Ampupu	Eucalyptus alba	0.7
Ubah	Salin	Hapus	8	Ampupu (Spesies lain)	Eucalyptus urophylla	0.7
Ubah	Salin	Hapus	9	Andalas	Morus macroura	0.55
Ubah	Salin	Hapus	10	Angsana	Pterocarpus indicus	0.51

Gambar 4.2 Implementasi Tabel master_spesies

2. **Implementasi Tabel data_pohon**

Tabel data_pohon digunakan untuk menyimpan data hasil inventarisasi pohon di lapangan. Tabel ini memuat informasi kode pohon, spesies, koordinat geografis, lokasi, diameter setinggi dada (DBH), tinggi pohon, foto dokumentasi, serta tanggal pendataan. Implementasi tabel data_pohon ditunjukkan pada Gambar 4.3.

Server: 127.0.0.1 » Database: db_webgis_uinar » Tabel: data_pohon

Jelajahi | Struktur | SQL | Cari | Tambahkan | Ekspor | Impor | Hak Akses | Operasi | Pelacakan | Trigger

	id_pohon	id_spesies	latitude	longitude	lokasi	diameter (Diameter dalam cm)	tinggi (Tinggi dalam meter)	foto	created_at	updated_at
Ubah Salin Hapus	67	80	5.575435	95.370285	Fakultas Sains dan Teknologi	50.00	14.00	1787457827_de9299ae9876b5777e8d.jpg,1787457827_46b...	2026-08-23 11:03:47	2026-09-01 22:21
Ubah Salin Hapus	68	10	5.575465	95.370256	Fakultas Sains dan Teknologi	28.00	11.80	1787457913_403f9b1c14dac8f1acc2.jpg,1787457913_693...	2026-08-23 11:05:13	2026-09-01 22:21
Ubah Salin Hapus	69	10	5.57547	95.370289	Fakultas Sains dan Teknologi	23.60	10.30	1787458046_3e8044175c1aced9ce45.jpg,1787458046_88e...	2026-08-23 11:07:26	2026-09-01 22:21
Ubah Salin Hapus	70	151	5.576559	95.369104	Fakultas Syariah dan Hukum	23.20	10.00	1787458844_46dfdfd89023ef21a819.jpg,1787458844_009...	2026-08-23 11:20:44	2026-09-01 22:23
Ubah Salin Hapus	71	301	5.5765801	95.3690667	Fakultas Syariah dan Hukum	42.70	12.30	1787459362_ed560e00bf426fa0e156.jpg,1787459362_aee...	2026-08-23 11:29:22	2026-09-01 22:23
Ubah Salin Hapus	72	301	5.576622	95.3690229	Fakultas Syariah dan Hukum	38.90	12.00	1787459501_205e90f8ab0551e9bd1c.jpg,1787459501_980...	2026-08-23 11:31:41	2026-09-01 22:23
Ubah Salin Hapus	73	301	5.5766578	95.3690775	Fakultas Syariah dan Hukum	30.90	13.00	1787459599_c7cc4ce0cf4612f2b9c5.jpg,1787459599_faa...	2026-08-23 11:33:19	2026-09-01 22:23

Gambar 4.3 Implementasi Tabel data_pohon

Data pada tabel ini merupakan data utama yang divisualisasikan dalam bentuk marker pada peta digital WebGIS sehingga setiap pohon dapat ditampilkan beserta atribut dan dokumentasinya secara terintegrasi.

3. Implementasi Tabel tb_admin

Tabel tb_admin digunakan untuk menyimpan data akun administrator yang memiliki hak akses terhadap sistem. Tabel ini memuat atribut id_admin, username, password, dan created_at. Implementasi tabel tb_admin ditunjukkan pada Gambar 4.4.

	id_admin	username	password	created_at
Ubah Salin Hapus	1	admin1	$2y$10$FR9jjw9EWp4TcbuiK6kvbubImn9ywZNiNMOLDmtJrRi...	2026-05-19 16:04:20

Pilih Semua *Dengan pilihan:* Ubah Salin Hapus Ekspor

Gambar 4.4 Implementasi Tabel tb_admin

Pada implementasinya, kata sandi disimpan dalam bentuk hash untuk meningkatkan keamanan sistem dan mencegah penyimpanan kata sandi dalam bentuk teks biasa.

4. Implementasi Tabel tb_log_admin

Tabel tb_log_admin digunakan untuk mencatat seluruh aktivitas yang dilakukan oleh administrator, seperti login dan logout, penambahan data pohon, pengeditan data, dan penghapusan data. Tabel ini memuat atribut id_log,

id_admin, id_pohon, aktivitas, dan waktu. Implementasi tabel tb_log_admin ditunjukkan pada Gambar 4.5.

Server: 127.0.0.1 » Database: db_webgis_uinar » Tabel: tb_log_admin

Jelajahi | Struktur | SQL | Cari | Tambahkan | Ekspor | Impor | Hak Akses | Operasi

			id_log	id_admin	id_pohon	aktivitas	waktu
Ubah	Salin	Hapus	1	1	NULL	Login ke Sistem WebGIS	2026-06-30 11:43:23
Ubah	Salin	Hapus	2	1	NULL	Login ke Sistem WebGIS	2026-07-01 04:27:40
Ubah	Salin	Hapus	3	1	NULL	Mengedit data pohon	2026-07-01 04:40:56
Ubah	Salin	Hapus	4	1	NULL	Mengedit data pohon (P002)	2026-07-01 04:54:05
Ubah	Salin	Hapus	5	1	NULL	Menambahkan data pohon baru (ID: 50)	2026-07-01 05:02:19
Ubah	Salin	Hapus	6	1	NULL	Menambahkan data pohon baru (P013)	2026-07-01 05:05:35

Gambar 4.5 Implementasi Tabel tb_log_admin

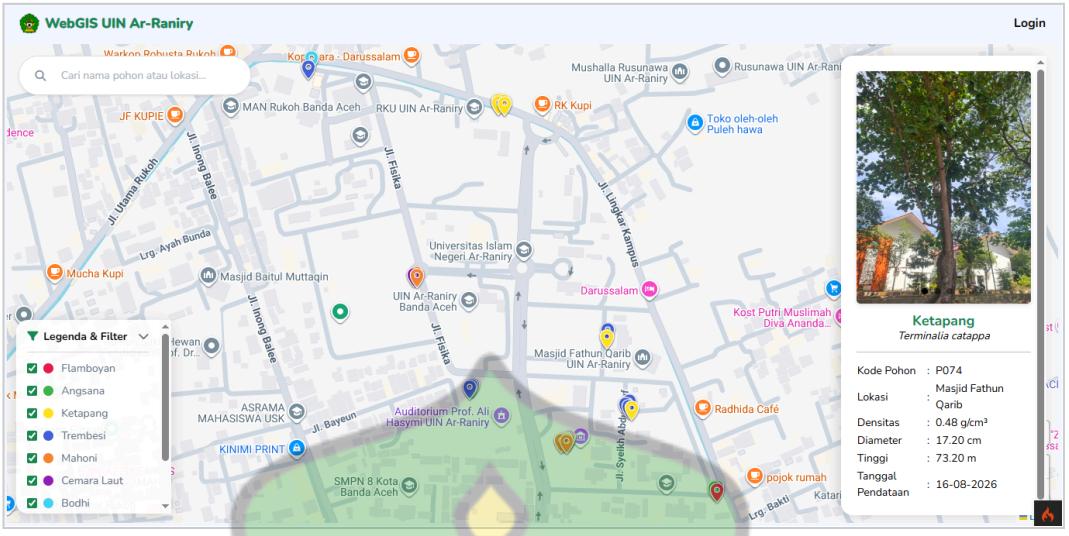
Keberadaan tabel log memungkinkan sistem menyimpan riwayat aktivitas administrator secara terstruktur. Informasi tersebut berguna untuk kebutuhan pemantauan, pelacakan perubahan data, serta meningkatkan akuntabilitas pengelolaan data pada sistem WebGIS.

4.2.2 Implementasi Antarmuka

Implementasi antarmuka dilakukan untuk menerapkan rancangan tampilan sistem ke dalam bentuk aplikasi WebGIS yang dapat digunakan oleh pengguna umum dan administrator.

1. Halaman Utama WebGIS

Halaman utama merupakan antarmuka publik yang digunakan untuk menampilkan sebaran pohon di lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Pada halaman ini, data inventarisasi divisualisasikan dalam bentuk peta digital berbasis Leaflet.js dengan menggunakan marker berwarna untuk membedakan jenis pohon yang tersimpan pada sistem. Implementasi halaman utama WebGIS ditunjukkan pada Gambar 4.6.



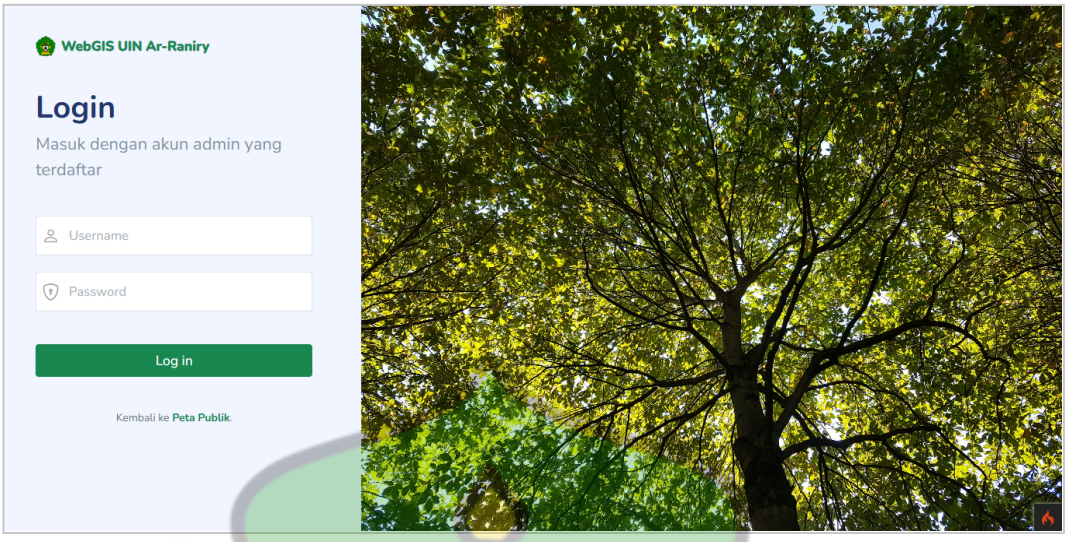
Gambar 4.6 Implementasi Halaman Utama WebGIS

Pada implementasinya, pengguna dapat melakukan navigasi peta melalui fitur *zoom* dan *panning* untuk melihat persebaran pohon secara interaktif. Disisi kiri atas fitur pencarian juga tersedia untuk memudahkan pengguna menemukan pohon berdasarkan nama dan lokasi, dengan hasil pencarian yang mengarahkan pengguna ke lokasi pohon pada peta.

Selain itu, menu Legenda & Filter menampilkan daftar spesies beserta warna *marker* dan memungkinkan pengguna menampilkan atau menyembunyikan *marker* berdasarkan jenis pohon. Pada sisi kanan halaman, panel informasi menampilkan foto, nama spesies, kode pohon, densitas kayu, diameter, tinggi, dan tanggal pendataan dari *marker* yang dipilih. Dengan demikian, sistem menyajikan data spasial dan atribut pohon secara terintegrasi dalam satu antarmuka WebGIS.

2. Halaman Login Administrator

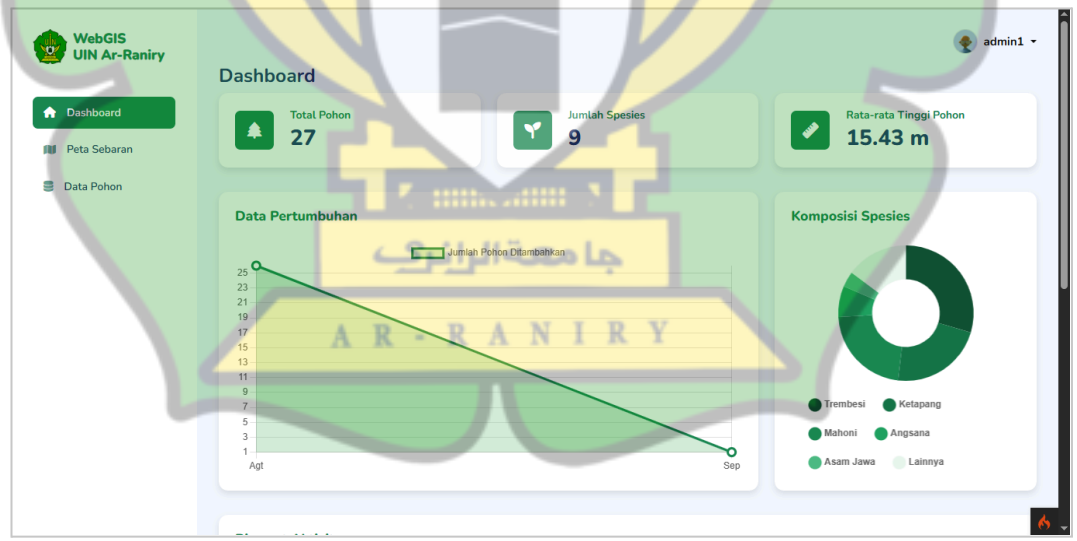
Halaman login digunakan untuk melakukan autentikasi administrator sebelum mengakses fitur pengelolaan data pada sistem WebGIS. Antarmuka login dirancang sederhana dan mudah digunakan dengan menampilkan formulir username dan password sebagai kredensial akses. Selain itu, halaman ini juga menyediakan tautan “Kembali ke Peta Publik” sehingga pengguna dapat kembali ke halaman utama WebGIS tanpa harus melakukan login. Implementasi halaman login administrator ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Implementasi Halaman Login Administrator

3. Halaman Dashboard Admin

Dashboard administrator merupakan pusat pengelolaan sistem yang ditampilkan setelah proses autentikasi berhasil dilakukan. Halaman ini menyediakan ringkasan informasi inventarisasi pohon serta akses ke fitur pengelolaan data pada sistem WebGIS. Implementasi dashboard administrator ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Implementasi Dashboard Administrator

Pada bagian atas dashboard ditampilkan kartu statistik yang memuat informasi total pohon, jumlah spesies, dan rata-rata tinggi pohon. Selain itu, dashboard juga menampilkan grafik Data Pertumbuhan yang menggambarkan

jumlah penambahan data pohon berdasarkan periode waktu tertentu. Grafik ini membantu administrator melihat perkembangan pengisian data inventarisasi pada sistem. Di sisi kanan ditampilkan diagram Komposisi Spesies yang menunjukkan proporsi jenis pohon yang tersimpan pada basis data dalam bentuk diagram donat.

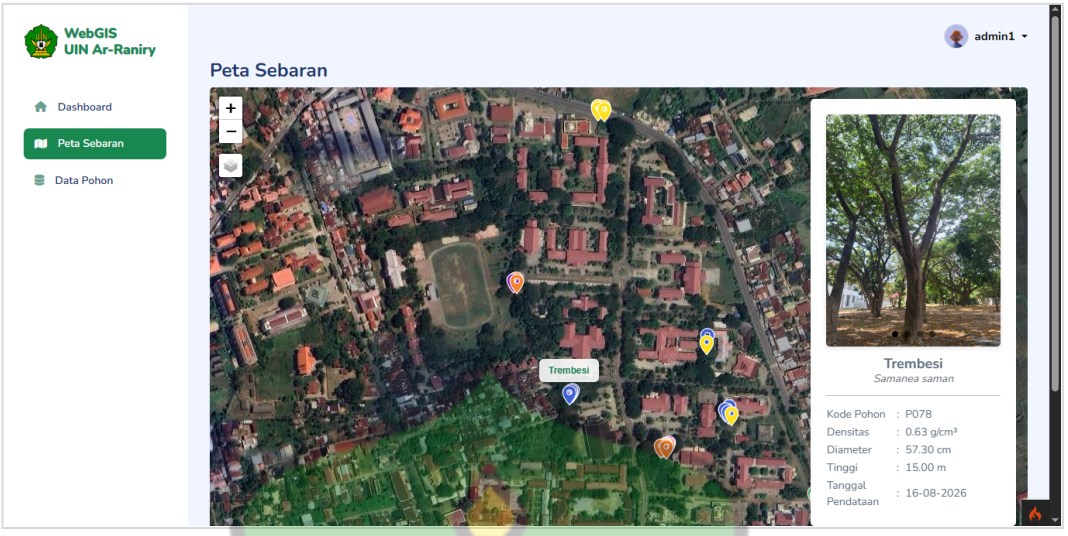
Pada bagian bawah dashboard tersedia tabel Riwayat Aktivitas yang mencatat berbagai tindakan administrator, seperti login, logout, penambahan data, dan penghapusan data. Implementasi riwayat aktivitas ditunjukkan pada Gambar 4.9.

Gambar 4.9 Implementasi Riwayat Aktivitas Administrator

Riwayat aktivitas digunakan untuk memantau perubahan data dan meningkatkan akuntabilitas pengelolaan sistem. Setiap aktivitas dicatat beserta kategori tindakan, waktu, dan tanggal pelaksanaan sehingga administrator dapat melakukan pelacakan terhadap perubahan yang terjadi pada sistem WebGIS.

4. Halaman Peta Sebaran

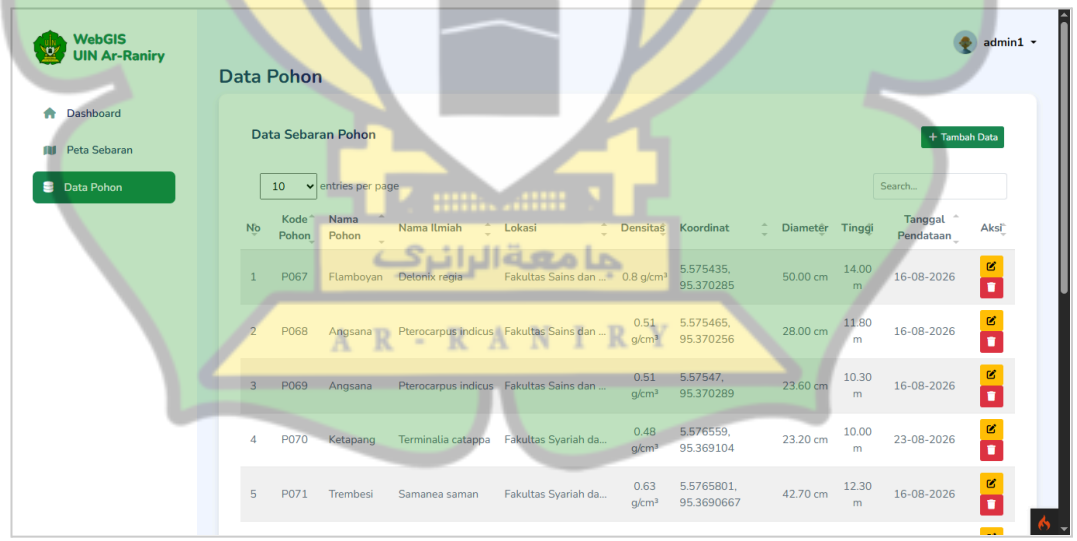
Halaman Peta Sebaran digunakan oleh administrator untuk melihat visualisasi sebaran pohon secara langsung dari area dashboard sistem. Implementasi halaman peta sebaran ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Implementasi Halaman Peta Sebaran Pada Dashboard Administrator

5. Halaman Data Pohon

Halaman Data Pohon digunakan untuk mengelola data inventarisasi pohon yang tersimpan pada sistem WebGIS. Antarmuka ini menampilkan seluruh data pohon dalam bentuk tabel sehingga administrator dapat melihat, menambah, mengubah, dan menghapus data secara terpusat. Implementasi halaman data pohon ditunjukkan pada Gambar 4.11.



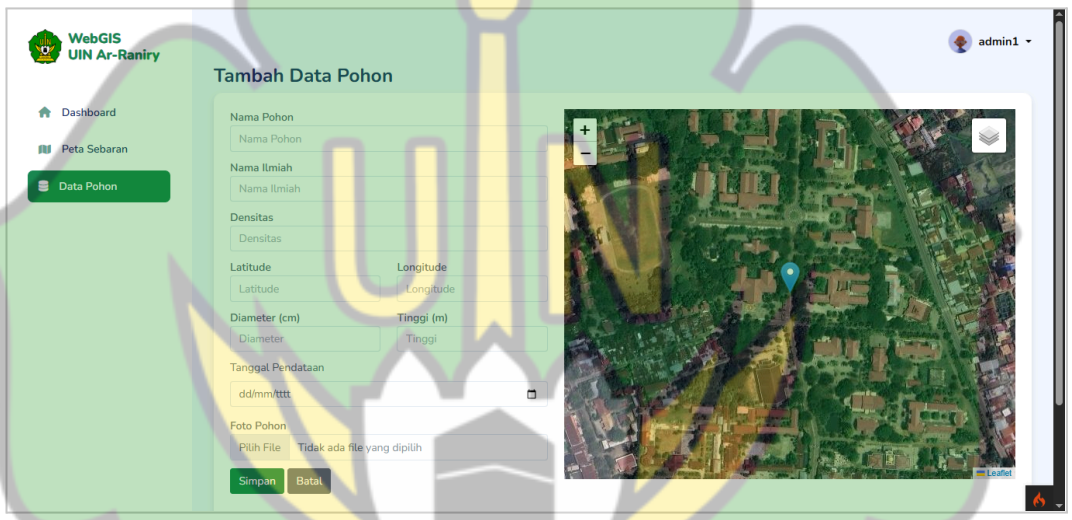
Gambar 4.11 Implementasi Halaman Data Pohon

Pada implementasinya, tabel menampilkan atribut utama data pohon, meliputi kode pohon, nama pohon, nama ilmiah, densitas kayu, koordinat lokasi, diameter, tinggi, dan tanggal pendataan. Penyajian ini memudahkan administrator

meninjau dan memverifikasi data inventarisasi secara sistematis. Halaman ini juga menyediakan tombol Tambah Data serta aksi Edit dan Hapus untuk mengelola data pohon.

6. Form Tambah dan Edit Data Pohon

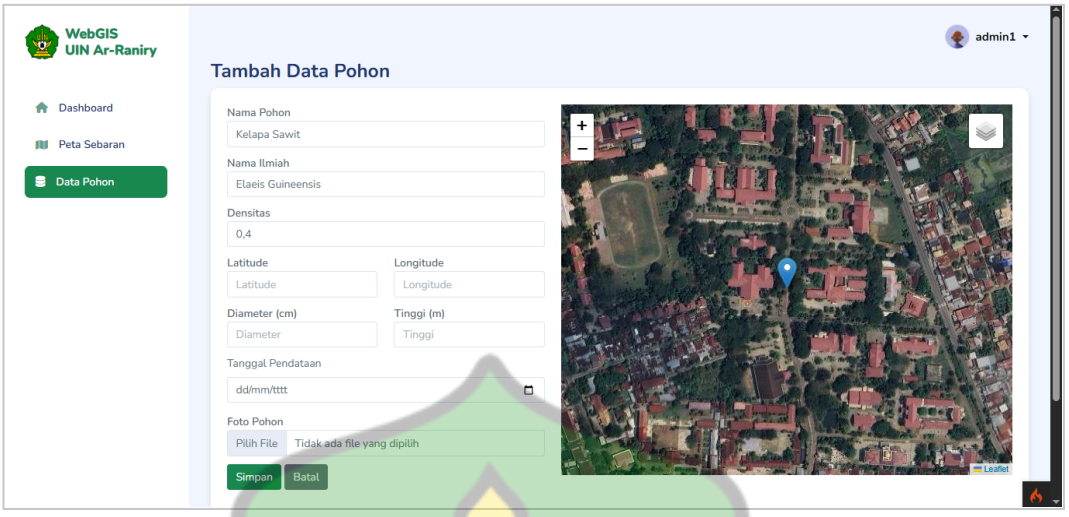
Form tambah dan edit data pohon digunakan untuk memasukkan serta memperbarui data inventarisasi pohon pada sistem WebGIS. Antarmuka ini dirancang agar proses pendataan dapat dilakukan secara terstruktur dengan menggabungkan input atribut pohon dan penentuan lokasi spasial dalam satu halaman. Implementasi form tambah data pohon ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Implementasi Form Tambah dan Edit Data Pohon

Pada implementasinya, administrator dapat mengisi beberapa atribut utama, yaitu nama pohon, nama ilmiah, densitas kayu, koordinat latitude dan longitude, diameter, tinggi, tanggal pendataan, serta foto dokumentasi pohon. Di sisi kanan form disediakan peta interaktif berbasis Leaflet.js yang digunakan untuk membantu penentuan lokasi pohon secara visual.

Salah satu fitur utama pada form ini adalah *suggestion* dan *autocomplete* pada kolom nama pohon. Ketika administrator mengetik nama pohon, sistem akan menampilkan daftar spesies yang sesuai dengan data referensi pada tabel master_spesies. Implementasi fitur tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Implementasi Fitur *Suggestion* dan *Autocomplete*

Setelah salah satu spesies dipilih, sistem secara otomatis mengisi nama ilmiah dan nilai densitas kayu berdasarkan data referensi yang telah dikumpulkan sebelumnya. Fitur ini membantu mempercepat proses input, mengurangi kesalahan penulisan nama ilmiah, serta menjaga konsistensi data inventarisasi pada sistem WebGIS.

4.3 Tingkat Keberhasilan dan Kelayakan Sistem

Tingkat keberhasilan sistem diuji dengan menggunakan metode black box testing dengan menilai apakah seluruh fungsi dapat berjalan sesuai dengan apa yang diharapkan. Sedangkan kelayakan sistem dinilai melalui validasi ahli media berdasarkan beberapa aspek yang telah ditentukan. Hasil kedua pengujian tersebut digunakan sebagai dasar untuk menentukan keberhasilan fungsi dan tingkat kelayakan sistem yang dikembangkan.

4.3.1 *Black Box Testing*

Black Box Testing untuk memastikan setiap fungsi utama WebGIS berjalan sesuai dengan hasil yang diharapkan. Pengujian dikelompokkan berdasarkan fungsi sistem, meliputi fitur pengguna umum, autentikasi, dashboard, peta sebaran, dan pengelolaan data pohon.

1. **Fitur Pengguna Umum**

Tabel 4.2 Pengujian Fitur Pengguna Umum

No.	Skenario Pengujian	Input/ Tindakan	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1.	Membuka peta sebaran pohon	Mengakses peta	Peta dan marker pohon ditampilkan	Peta dan marker pohon berhasil ditampilkan	Berhasil
2.	Memilih marker pohon	Klik marker	Menampilkan pop-up informasi pohon	Pop-up informasi pohon berhasil ditampilkan	Berhasil
3.	Pencarian pohon atau lokasi	Memasukkan nama pohon atau lokasi	Sistem menampilkan hasil sesuai dengan kata kunci pencarian	Sistem menampilkan marker pohon sesuai dengan kata kunci pencarian	Berhasil
4.	Memilih jenis pohon pada filter	Memilih spesies	Marker sesuai spesies ditampilkan	Marker yang ditampilkan sesuai dengan spesies yang dipilih	Berhasil

2. **Autentikasi Administrator**

Tabel 4.3 Pengujian Autentikasi Administrator

No.	Skenario Pengujian	Input/ Tindakan	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
5.	Memasukkan kredensial valid	Username & password benar	Administrator diarahkan ke dashboard	Berhasil login dan diarahkan ke dashboard	Berhasil
6.	Memasukkan kredensial tidak valid	Username/ password salah	Sistem menolak login	Login gagal dan sistem tetap pada halaman login.	Berhasil
7.	Logout dari sistem	Klik logout	Administrator keluar dari sesi dan kembali ke halaman peta	Berhasil keluar dan diarahkan kembali ke halaman peta	Berhasil

			publik	publik	

3. Dashboard Administrator

Tabel 4.4 Pengujian Dashboard Admin

No.	Skenario Pengujian	Input/ Tindakan	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
8.	Membuka dashboard	Login sebagai administrator	Dashboard menampilkan informasi statistik	Informasi statistik ditampilkan	Berhasil
9.	Melihat riwayat aktivitas	Membuka bagian riwayat aktivitas	Aktivitas administrator ditampilkan	Riwayat aktivitas administrator tercatat dengan baik	Berhasil

4. Pengelolaan Data Pohon (CRUD)

Tabel 4.5 Pengujian Pengelolaan Data Pohon (CRUD)

No.	Skenario Pengujian	Input/ Tindakan	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
10.	Membuka halaman data pohon	Memilih menu data pohon	Daftar data pohon ditampilkan	Tabel daftar pohon berhasil ditampilkan	Berhasil
11.	Menambahkan data pohon	Mengisi dan mengirim form	Data berhasil disimpan	Data berhasil disimpan dan marker muncul di peta	Berhasil
12.	Menggunakan fitur *suggestion*	Mengetik nama pohon	Sistem menampilkan saran nama pohon	Sistem berhasil menampilkan saran nama pohon sesuai dengan kata yang diketik	Berhasil
13.	Menggunakan autocomplete	Memilih nama pohon	Nama ilmiah dan nilai densitas kayu terisi secara otomatis	Kolom nama ilmiah dan nilai densitas kayu terisi otomatis saat nama pohon dipilih	Berhasil

14	Mengubah data pohon	Mengedit dan menyimpan data	Data berhasil diperbarui	Data pada tabel dan pop-up informasi pohon berhasil diperbarui	Berhasil
15.	Menghapus data pohon	Memilih dan menghapus data	Data berhasil dihapus	Data pada tabel dan peta berhasil dihapus	Berhasil

Hasil pengujian menggunakan metode *black box testing* menunjukkan bahwa seluruh fungsi yang diuji dapat berjalan sesuai dengan hasil yang diharapkan. Pengujian dilakukan beberapa kali pada setiap skenario untuk memastikan konsistensi fungsi sistem. Seluruh skenario pengujian memperoleh status "Berhasil", sehingga dapat disimpulkan bahwa fungsi utama sistem WebGIS inventarisasi pohon telah berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional yang ditetapkan.

4.3.2 Validasi Ahli Media

Validasi ahli media dilakukan untuk dapat menilai tingkat kelayakan sistem yang sudah dikembangkan. Pengujian ini melibatkan pakar di bidang teknologi informasi untuk mengevaluasi sistem berdasarkan tiga aspek utama, yaitu Kesesuaian Fungsional (*Functional Suitability*), Efisiensi Kinerja (*Performance Efficiency*), dan Kebergunaan (*Usability*).

Instrumen penilaian menggunakan kuesioner dengan skala Likert 1 hingga 5. Penilaian dilakukan oleh dua orang ahli media (Validator 1 dan Validator 2). Rekapitulasi hasil penilaian dari ahli media disajikan pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Rekapitulasi Hasil Penilaian Validasi Ahli Media

No.	**Indikator**	**Validator**	
		1	**2**
A. Aspek Kesesuaian Fungsional (*Functional Suitability*)			
1.	Sistem WebGIS mampu menyimpan data inventarisasi pohon (nama, dimensi, koordinat) dengan akurat ke dalam basis data.	5	4

2.	Fitur peta interaktif mampu menampilkan *marker* pohon pada titik koordinat spasial yang tepat.	5	4
3.	Jendela informasi (*pop-up*) berhasil menampilkan rincian atribut pohon dan foto dengan benar saat *marker* di klik.	5	4
4.	Fitur *autocomplete* secara akurat memanggil data nama ilmiah dan densitas kayu dari basis data referensi.	5	4
5.	Fitur filter pada legenda peta mampu menyeleksi dan menampilkan *marker* pohon berdasarkan spesies yang dipilih secara presisi.	5	4
B. Aspek Efisiensi Kinerja (*Performance Efficiency*)			
6.	Sistem WebGIS memiliki waktu respons (*loading*) yang cepat saat merender peta digital pertama kali.	5	4
7.	Proses navigasi peta (seperti *zoom in/out* dan *panning*) berjalan mulus tanpa adanya *lag* atau penurunan performa.	5	4
8.	Operasi penambahan, pengubahan, dan penghapusan data pohon (CRUD) diproses oleh sistem dengan efisien tanpa beban waktu (*delay*) yang lama.	5	4
C. Aspek Kebergunaan dan Antarmuka (*Usability*)			
9.	Tata letak (*layout*) antarmuka pengguna tersusun secara terstruktur, rapi, dan konsisten (baik di halaman publik maupun *dashboard* admin).	5	3
10.	Pemilihan skema warna, tipografi, dan desain antarmuka memberikan kenyamanan visual dan keterbacaan informasi yang baik.	5	4
11.	Desain ikon *marker* pada peta mudah dibedakan dan dikenali berdasarkan kategori jenis pohonnya.	5	4
12.	Sistem memberikan pesan peringatan atau validasi (*error message/success notification*) yang jelas kepada pengguna (misalnya: saat berhasil menyimpan data atau gagal *login*).	5	2
Total Skor Keseluruhan		**60**	**45**
Persentase Kelayakan per-Validator		**100%**	**75%**

Rata-rata Persentase Total	**87,5%**
Kriteria Kelayakan Akhir	**Sangat Valid**

Berdasarkan Tabel 4.6 mengenai rekapitulasi hasil uji validasi ahli media, sistem WebGIS dievaluasi menggunakan 12 indikator penilaian dengan skor maksimal ideal sebesar 60 per validator. Pada tahap perhitungan, Validator 1 memberikan skor sempurna yakni 60 sehingga persentase kelayakannya mencapai 100%. Di sisi lain, Validator 2 memberikan total skor sebesar 45, yang menghasilkan persentase kelayakan sebesar 75%.

Perolehan persentase akhir keseluruhan dihitung dengan mengakumulasikan nilai dari kedua validator. Rata-rata persentase kelayakan total dari pengujian ahli media ini diperoleh menggunakan rumus berikut:

$$Persentase\ Akhir = \frac{Total\ Persentase\ Keseluruhan}{Jumlah\ Validator}$$

Hasil dari perhitungan akumulasi dari kedua validator adalah sebagai berikut:

$$Persentase\ Akhir = \frac{100\% + 75\%}{2} = 87,5\%$$

Merujuk pada kriteria tingkat kelayakan yang telah ditetapkan pada Bab III, perolehan angka 87,5% berada pada interval 81% - 100%. Dengan demikian, WebGIS inventarisasi dan pemetaan pohon di lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh dinyatakan memenuhi kriteria "Sangat Valid". Hasil ini membuktikan bahwa sistem sangat layak untuk diimplementasikan sebagai sarana pengelolaan tata hijau, dengan sedikit catatan perbaikan pada aspek kebergunaan (*usability*) seperti penambahan pesan notifikasi yang lebih informatif bagi pengguna.

4.3.3 Revisi Sistem

Berdasarkan hasil validasi ahli media, proses revisi difokuskan pada penyempurnaan aspek kebergunaan (*usability*) berdasarkan masukan kualitatif validator. Pada evaluasi indikator ke-12 terkait pesan validasi antarmuka, terdapat perbedaan perspektif penilaian yang mendasar. Validator 1 memberikan skor maksimal (5) karena fitur notifikasi *error/success* standar telah berjalan sesuai fungsionalitas teknis. Namun, Validator 2 memberikan skor 2 karena menilai

notifikasi pasif tersebut kurang memberikan nilai guna (manfaat) yang signifikan bagi interaksi pengguna akhir (*end-user*).

Menindaklanjuti evaluasi kritis dari Validator 2 tersebut, peneliti melakukan perombakan antarmuka yang lebih dari sekadar memperbaiki pesan *error* standar. Peneliti mengimplementasikan dua fitur interaktif baru guna meningkatkan pengalaman pengguna secara signifikan:

1. **Fitur Pencarian Interaktif:** Pengguna dapat memasukkan kata kunci berupa nama pohon atau lokasi. Sistem kemudian akan memunculkan daftar nama pohon atau daftar pohon yang berada di lokasi tersebut. Apabila pengguna memilih salah satu data dari daftar, peta digital akan otomatis bergeser dan memusat (*auto-zoom*) ke titik koordinat yang dituju sekaligus membuka jendela *pop-up* informasi pohon tersebut.
2. **Saran Perbaikan Kata (*Search Suggestion*):** Sistem dilengkapi dengan umpan balik cerdas apabila pengguna salah mengetikkan ejaan nama pohon (*typo*). Sistem akan langsung merekomendasikan nama pohon yang paling mendekati dari basis data, sehingga fitur ini memberikan pengalaman eksplorasi yang lebih baik bagi pengguna awam.

Melalui penyesuaian fungsionalitas spesifik tersebut, sistem WebGIS dinyatakan tidak hanya valid secara teknis, tetapi juga memiliki tingkat kebergunaan dan kenyamanan yang jauh melebihi rancangan awalnya sehingga sangat layak untuk diimplementasikan.

جامعة الرانري
AR-RANIRY

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai "Rancang Bangun Sistem WebGIS Inventarisasi dan Pemetaan Pohon di Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh", maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini telah berhasil melakukan inventarisasi terhadap sampel pohon di lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Berdasarkan hasil pendataan, diperoleh 27 individu pohon yang terdiri atas 9 jenis, yaitu Flamboyan (*Delonix Regia*), Angsana (*Pterocarpus Indicus* Willd.), Ketapang (*Terminalia Catappa L.*), Trembesi (*Samanea Saman*), Mahoni (*Swietenia Macrophylla King*), Cemara Laut (*Casuarina Equisetifolia* L.), Bodhi (*Ficus Religiosa L.*), Jambu Air (*Syzygium Samarangense*), dan Asam Jawa (*Tamarindus Indica L.*). Data hasil inventarisasi tersebut selanjutnya menjadi dasar dalam penyusunan data atribut dan data spasial untuk sistem WebGIS yang dikembangkan.
2. Penelitian ini telah berhasil merancang dan membangun sistem WebGIS inventarisasi dan pemetaan pohon di lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh dengan menggunakan metode RAD. Sistem yang dikembangkan mampu menyajikan informasi pohon dalam bentuk peta interaktif serta menyediakan fitur pengelolaan data inventarisasi melalui sisi administrator. Data pohon yang meliputi informasi identitas, karakteristik fisik, lokasi, dan dokumentasi visual dapat dikelola dan ditampilkan pada sistem sehingga informasi mengenai keberadaan dan persebaran pohon dapat disajikan secara terintegrasi.
3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa WebGIS inventarisasi dan pemetaan pohon telah memenuhi aspek fungsional dan kelayakan sistem. Pengujian menggunakan metode *black box testing* menunjukkan bahwa seluruh skenario pengujian pada fitur-fitur utama sistem dapat berjalan sesuai dengan hasil yang diharapkan. Selain itu, hasil validasi oleh dua ahli media memperoleh rata-rata persentase kelayakan sebesar 87,5% dengan

kriteria “Sangat Valid”. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan telah layak digunakan sebagai media pengelolaan dan penyajian informasi inventarisasi serta pemetaan pohon di lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan sistem yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan penelitian dan sistem selanjutnya, yaitu:

1. Kelengkapan dan cakupan data pohon: Inventarisasi pohon pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan cakupan wilayah dan jumlah sampel yang lebih luas serta dilengkapi dengan atribut data pohon yang lebih beragam. Hal ini diharapkan dapat menghasilkan basis data inventarisasi yang lebih lengkap dan representatif terhadap kondisi pohon di lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Pengembangan sistem pada perangkat mobile: Sistem dapat dikembangkan lebih lanjut agar memiliki dukungan yang lebih optimal pada perangkat mobile. Pengembangan tersebut diharapkan dapat mempermudah proses pengumpulan, pembaruan, dan pengelolaan data pohon secara langsung di lapangan.
3. Pengembangan analisis data spasial dan informasi pohon: Sistem pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menambahkan analisis data spasial yang lebih mendalam serta informasi terkait pohon yang belum menjadi cakupan penelitian ini. Pengembangan tersebut dapat mencakup analisis persebaran pohon serta perhitungan biomassa, cadangan karbon, serapan karbon dioksida (CO_2), dan produksi oksigen. Dengan demikian, sistem tidak hanya berfungsi sebagai media inventarisasi dan pemetaan, tetapi juga dapat memberikan informasi yang lebih luas untuk mendukung pengelolaan pohon dan lingkungan di kawasan kampus.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, S., Hussain, N. H. M., Hashim, I. C., & Hashim, H. (2024). DIGITIZING TREE INVENTORY USING GIS FOR EFFECTIVE LANDSCAPE MONITORING IN PUNCAK ISKANDAR, PERAK, MALAYSIA. *PLANNING MALAYSIA*, *22*. https://doi.org/10.21837/pm.v22i34.1610

Aini, K., Rosidi, I., Muharrami, L. K., Hidayati, Y., & Wulandari, A. Y. R. (2023). UJI KELAYAKAN MEDIA PEMBELAJARAN VIDEOSCRIBE BERBASIS ANIMATION DRAWING MENGGUNAKAN MODEL ADDIE PADA MATERI PENCEMARAN LINGKUNGAN. *Natural Science Education Research*, *6*(1), 112–121. https://doi.org/10.21107/nser.v6i1.11527

Alviani, Y., Nasihin, I., & Kosasih, D. (2020). *SEBARAN JENIS POHON DI KAMPUS UNIVERSITAS KUNINGAN KABUPATEN KUNINGAN JAWA BARAT*. *01*(01).

Arifin, O., & Supriyatna, A. R. (2023). SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PEMETAAN LAHAN KAKAO MENGGUNAKAN LEAFLET JS DAN GEOJSON. *Jurnal Teknoinfo*, *17*(1), 364. https://doi.org/10.33365/jti.v17i1.2397

Atara, D. M., Carpio, H. A., Macapinlac, O. T., & Ang, M. R. C. O. (2024). WEB VISUALIZATION AND SPATIAL ANALYSIS OF TREE SPECIES DISTRIBUTION AT UNIVERSITY OF THE PHILIPPINES DILIMAN ACADEMIC OVAL. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *XLVIII-4-W8-2023*, 25–29. ISPRS ICWG IV/III
Philippine Geomatics Symposium (PhilGEOS) 2023 - 6–7 December 2023, Diliman, Quezon City, Philippines. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W8-2023-25-2024

Ayuningtyas, P. K., Atmodjo Wp, D., & Rachmadi, P. (2023). Performance And Functional Testing With The Black Box Testing Method. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, *39*(2), 212. https://doi.org/10.52155/ijpsat.v39.2.5471

Balla, D., & Gede, M. (2024). Beautiful thematic maps in Leaflet with automatic data classification. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *XLVIII-4/W12-2024*, 3–10. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W12-2024-3-2024

Cadez, L., Giannetti, F., De Luca, A., Tomao, A., Chirici, G., & Alberti, G. (2023). A WebGIS tool to support forest management at regional and local scale. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, *16*(6), 361–367. https://doi.org/10.3832/ifor4445-016

Hapsari, G. P. P., & Zulherman, Z. (2021). Pengembangan Media Video Animasi Berbasis Aplikasi Canva untuk Meningkatkan Motivasi dan Prestasi Belajar Siswa. *Jurnal Basicedu*, *5*(4), 2384–2394. https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i4.1237

Hasanah, D. N., Ikhwan, A., & Santoso, H. (2025). SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS POHON KELAPA SAWIT PADA PERKEBUNAN SEI RUMBIA. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis (JUNSIBI)*, *6*(1), 43–52. https://doi.org/10.55122/junsibi.v6i1.1538

Hati, K. A., & Sutrisno, A. J. (2024). EVALUASI KERUSAKAN POHON PADA LANSKAP KAMPUS DIPONEGORO UKSW. *Gorontalo Journal of Forestry Research*, *7*(2), 60–72. https://doi.org/10.32662/gjfr.v7i2.3442

Hoang Tu, L., Thi Ha, P., Ngoc Quynh Tram, V., Ngoc Thuy, N., Nguyen Dong Phuong, D., Thong Nhat, T., & Kim Loi, N. (2023). GIS Application in Environmental Management: A Review. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*, *39*(2). https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4957

Kochanek, A., Generowicz, A., & Zacłona, T. (2025). The Role of Geographic Information Systems in Environmental Management and the Development of Renewable Energy Sources—A Review Approach. *Energies*, *18*(17), 4740. https://doi.org/10.3390/en18174740

Le Tan Dat, N., & Minh Hai, T. (2024). Application of WebGIS in Managing and Monitoring Greenery in Schools: A Case Study at the Thu Dau Mot University. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*, *40*(4). https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.5235

Mangero, R. D. M., & Yudha, M. (2020). *Sistem Informasi Geografis Pemetaan Lahan Pertanian Di Kabupaten Bima Nusa Tenggara Barat Berbasis Web*.

Maulana, M. fauzan, Syahib, M. I., Apriliyanti, N. A., Indri, I., Wibowo, A. H., & Yamin, M. (2025). Perancangan Sistem Webgis untuk Visualisasi Data Wilayah,Potensi Daerah, dan Infrastruktur Strategis di Bappeda Sulawesi Tenggara sebagai Upaya Mendukung Pengabdian kepada Masyarakat. *Anoa : Jurnal Pengabdian Masyarakat Fakultas Teknik*, *4*(01), 1–7. https://doi.org/10.51454/anoa.v3i02.1339

Pace, R., Masini, E., Giuliarelli, D., Biagiola, L., Tomao, A., Guidolotti, G., Agrimi, M., Portoghesi, L., De Angelis, P., & Calfapietra, C. (2022). Tree Measurements in the Urban Environment: Insights from Traditional and Digital Field Instruments to Smartphone Applications. *Arboriculture & Urban Forestry*, *48*(2), 113–123. https://doi.org/10.48044/jauf.2022.009

Pati Aju, P., Jago Tute, K., & Radja, M. (2024). SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS PEMETAAN WILAYAH TANAMAN JAGUNG DAN SINGKONG DI KABUPATEN ENDE BERBASIS WEB. *Simtek : jurnal sistem informasi dan teknik komputer*, *9*(2), 312–316. https://doi.org/10.51876/simtek.v9i2.822

Pricillia, T. & Zulfachmi. (2021). Perbandingan Metode Pengembangan Perangkat Lunak (Waterfall, Prototype, RAD). *Jurnal Bangkit Indonesia*, *10*(1), 6–12. https://doi.org/10.52771/bangkitindonesia.v10i1.153

Putra, F. P. E., Zulfikri, A., Rohman, A., & Alim, R. (2025). Analysis Comparative of Performance Optimization Techniques for PHP Framework Testing: Laravel, CodeIgniter, Symfony: Analisis Perbandingan Teknik Optimasi Performa Untuk Pengujian Framework PHP: Laravel, CodeIgniter, Symfony. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, *5*(1), 242–248. https://doi.org/10.47709/brilliance.v5i1.5989

Rahmatillah, A. (2025). *Rancang Bangun WebGIS Inventarisasi Tumbuhan (Kasus: Area Vegetasi SEAMEO BIOTROP)* [Universitas Gadjah Mada]. https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/261596

Randazzo, G., Italiano, F., Micallef, A., Tomasello, A., Cassetti, F. P., Zammit, A., D'Amico, S., Saliba, O., Cascio, M., Cavallaro, F., Crupi, A., Fontana, M., Gregorio, F., Lanza, S., Colica, E., & Muzirafuti, A. (2021). WebGIS Implementation for Dynamic Mapping and Visualization of Coastal Geospatial Data: A Case Study of BESS Project. *Applied Sciences*, *11*(17), 8233. https://doi.org/10.3390/app11178233

Rante, Q. A. D., & Irwanto, I. (2025). KAJIAN TERMINOLOGI BOTANI DAN EKOLOGI TERHADAP ISTILAH TUMBUHAN, TANAMAN, VEGETASI, FLORA, DAN TEGAKAN. *MARSEGU : Jurnal Sains dan Teknologi*, *1*(12), 1225–1231. https://doi.org/10.69840/marsegu/1.12.2025.1225-1231

Safitri, O. A., Astining Putri, R. R., Fajri, R., & Nurafni Rindiani. (2024). Peran Hutan Kota Sonokridanggo Boyolali Sebagai Penghasil Oksigen. *Jurnal Informasi, Sains dan Teknologi*, *7*(2), 24–39. https://doi.org/10.55606/isaintek.v7i2.254

Scarmana, G., & McDougall, K. (2023). ASSESSING THE RELATIONSHIP BETWEEN TREE DIMENSIONS IN AN URBAN ENVIRONMENT. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *XLVIII-1/W1-2023*, 437–442. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-1-W1-2023-437-2023

Sholeh, M., Gisfas, I., Cahiman, & Fauzi, M. A. (2021). Black Box Testing on ukmbantul.com Page with Boundary Value Analysis and Equivalence Partitioning Methods. *Journal of Physics: Conference Series*, *1823*(1), 012029. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1823/1/012029

Singh, R. K., Bhalerao, R. P., & Eriksson, M. E. (2021). Growing in time: Exploring the molecular mechanisms of tree growth. *Tree Physiology*, *41*(4), 657–678. https://doi.org/10.1093/treephys/tpaa065

Siregar, F. A., Karim, A., & Rusdi, M. (2022). Penggunaan Leaflet untuk Menyusun Aplikasi WebGIS. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, *7*(4), 1029–1034. https://doi.org/10.17969/jimfp.v7i4.22364

Somantri, S., Sujjada, A., & Fatimatuzahra, D. T. (2023). Implementation of Web-GIS Forest Resource Potential Mapping Using Y-Model. *Inform : Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, *8*(2), 147–153. https://doi.org/10.25139/inform.v8i2.6552

Suheri. (2023). Penggunaan Framework Codeigniter Dalam Pembuatan Web Profil Program Studi Teknik Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi Medan. *Jurnal Nasional Teknologi Komputer*, *3*(3), 227–234. https://doi.org/10.61306/jnastek.v3i3.98

Vinueza-Martinez, J., Correa-Peralta, M., Ramirez-Anormaliza, R., Franco Arias, O., & Vera Paredes, D. (2024). Geographic Information Systems (GISs) Based on WebGIS Architecture: Bibliometric Analysis of the Current Status and Research Trends. *Sustainability*, *16*(15), 6439. https://doi.org/10.3390/su16156439

جامعة الرانري
AR-RANIRY

LAMPIRAN

Lampiran 1. Lembar Pendataan Sampel Pohon

Lembar Pendataan Sampel Pohon di Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh

No	Nama Pohon	Nama Ilmiah	Plot	Lokasi	Titik Koordinat	Tinggi (m)	Keliling (cm)	Tanggal Pendataan
1	Flamboyan	Delonix regia	Plot 1	Fakultas Sains & Teknologi	5.57543575656427, 95.37028555	14	157	16-08-2025
2	Angsana	Pterocarpus indicus wild	Plot 1	Fakultas Sains & Teknologi	5.57546572734556, 95.37025677	11.8	88	16-08-2025
3	Angsana	Pterocarpus indicus wild	Plot 1	Fakultas Sains & Teknologi	5.57547389739713 9, 95.37028925	10.3	74	16-08-2025
4	Ketapang	Terminalia catappa L.	Plot 2	Fakultas Syariah dan Hukum	5.57655969972222, 95.36910445	10	73	16-08-2025
5	Trembesi	Samanea saman	Plot 2	Fakultas Syariah dan Hukum	5.5765801, 95.36906679972222	12.3	134	16-08-2025
6	Trembesi	Samanea saman	Plot 2	Fakultas Syariah dan Hukum	5.57662229999999995, 95.3690225	12	122	16-08-2025
7	Trembesi	Samanea saman	Plot 2	Fakultas Syariah dan Hukum	5.57665789972222, 95.36907755	13	97	16-08-2025
8	Ketapang	Terminalia catappa L.	Plot 4	Masjid Fathun Qarib	5.57754939972222, 95.36876265	17.2	230	16-08-2025
9	Trembesi	Samanea saman	Plot 4	Masjid Fathun Qarib	5.57763809972222, 95.36877245	17.9	280	16-08-2025
10	Trembesi	Samanea saman	Plot 5	Auditorium Prof. Ali Hasymi	5.5768867, 95.36691249972222	16.3	155	16-08-2025
11	Trembesi	Samanea saman	Plot 5	Auditorium Prof. Ali Hasymi	5.57687109972222, 95.36688845	15.4	220	16-08-2025
12	Trembesi	Samanea saman	Plot 5	Auditorium Prof. Ali Hasymi	5.57684919972222, 95.36686365	15	180	16-08-2025
13	Mahoni	Swietenia macrophylla king	Plot 6	Lapangan Bola UIN Ar-Raniry	5.57842129972222, 95.36612335	9.8	91	16-08-2025
14	Cemara Laut	Casuarina equisetifolia L.	Plot 6	Lapangan Bola UIN Ar-Raniry	5.57840211709368 6, 95.36608665	15.8	248	16-08-2025
15	Mahoni	Swietenia macrophylla king	Plot 6	Lapangan Bola UIN Ar-Raniry	5.57839210644482, 95.36613292	13.8	105	16-08-2025
16	Bodhi	Ficus religiosa L.	Plot 7	Mushalla Kompas UIN Ar-Raniry	5.58139489999999, 95.36467605	20.2	285	16-08-2025
17	Trembesi	Samanea saman	Plot 7	Mushalla Kompas UIN Ar-Raniry	5.5812671, 95.3646345	18.3	220	16-08-2025
18	Ketapang	Terminalia catappa L.	Plot 8	Gedung RKU UIN Ar-Raniry	5.5807680, 95.3672617	12	62	16-08-2025
19	Ketapang	Terminalia catappa L.	Plot 8	Gedung RKU UIN Ar-Raniry	5.5807984, 95.3672647	11.6	63	16-08-2025
20	Ketapang	Terminalia catappa L.	Plot 8	Gedung RKU UIN Ar-Raniry	5.58078649972222, 95.36733585	10.8	63	16-08-2025
21	Ketapang	Terminalia catappa L.	Plot 8	Gedung RKU UIN Ar-Raniry	5.580757, 95.36734639999999	15.3	68	16-08-2025
22	Jambu Air	Syzygium samarangense	Plot 3	LP2M UIN Ar-Raniry	5.57616079999999, 95.36824045	15.2	132	16-08-2025
23	Mahoni	Swietenia macrophylla king	Plot 3	LP2M UIN Ar-Raniry	5.5761361, 95.3682271	11.3	67	16-08-2025
24	Mahoni	Swietenia macrophylla king	Plot 3	LP2M UIN Ar-Raniry	5.5761060, 95.3682095	8.4	92	16-08-2025
25	Mahoni	Swietenia macrophylla king	Plot 3	LP2M UIN Ar-Raniry	5.5761226, 95.3681692	9	60	16-08-2025
26	Mahoni	Swietenia macrophylla king	Plot 3	LP2M UIN Ar-Raniry	5.5761186, 95.3681277	11.5	106	16-08-2025
27	Asam Jawa	Tamarindus indica L.	Plot 3	LP2M UIN Ar-Raniry	5.5761370, 95.3681945	12.5	66	16-08-2025

Lampiran 2. Dokumentasi Kegiatan Observasi Lapangan

Pengukuran Keliling Batang Pohon

Pembuatan Plot 10 x 10

Lampiran 3. Lembar Angket Validasi Ahli Media (Validator 1)

LEMBAR ANGKET VALIDASI AHLI MEDIA

A. Identitas Peneliti

Nama : Raisul Amar

NIM : 220705016

Prodi : Teknologi Informasi

Judul : Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis Berbasis Web (WebGIS) untuk Inventarisasi dan Pemetaan Pohon di Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh

B. Identitas Validator

Nama : Munirum. Ar

NIP : 198707042024031001

Instansi: TI

C. Deskripsi Singkat Sistem

Sistem yang dinilai pada angket ini adalah sebuah WebGIS yang dikembangkan menggunakan *framework* CodeIgniter 4 dan *library* Leaflet.js. Sistem ini bertujuan untuk inventarisasi dan pemetaan sebaran pohon di lingkungan kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

D. Petunjuk Pengisian

Bapak/Ibu Validator dimohon untuk memberikan penilaian terhadap kelayakan sistem WebGIS ini dengan memberikan tanda centang (✓) pada kolom skala penilaian yang tersedia. Keterangan Skala Penilaian:

1 = Sangat Tidak Setuju / Sangat Kurang

2 = Tidak Setuju / Kurang

3 = Cukup Setuju / Cukup

4 = Setuju / Baik

5 = Sangat Setuju / Sangat Baik

جامعة الرانري
AR-RANIRY

E. Indikator Penilaian

No.	Indikator	Nilai				
		1	2	3	4	5
A. Aspek Kesesuaian Fungsional (*Functional Suitability*)						
1.	Sistem WebGIS mampu menyimpan data inventarisasi pohon (nama, dimensi, koordinat) dengan akurat ke dalam basis data.					✓
2.	Fitur peta interaktif mampu menampilkan *marker* pohon pada titik koordinat spasial yang tepat.					✓
3.	Jendela informasi (*pop-up*) berhasil menampilkan rincian atribut pohon dan foto dengan benar saat *marker* di klik.					✓
4.	Fitur *autocomplete* secara akurat memanggil data nama ilmiah dan densitas kayu dari basis data referensi.					✓
5.	Fitur filter pada legenda peta mampu menyeleksi dan menampilkan *marker* pohon berdasarkan spesies yang dipilih secara presisi.					✓
B. Aspek Efisiensi Kinerja (*Performance Efficiency*)						
6.	Sistem WebGIS memiliki waktu respons (*loading*) yang cepat saat merender peta digital pertama kali.					✓
7.	Proses navigasi peta (seperti *zoom in/out* dan *panning*) berjalan mulus tanpa adanya *lag* atau penurunan performa.					✓
8.	Operasi penambahan, pengubahan, dan penghapusan data pohon (CRUD) diproses oleh sistem dengan efisien tanpa beban waktu (*delay*) yang lama.					✓
C. Aspek Kebergunaan dan Antarmuka (*Usability*)						
9.	Tata letak (*layout*) antarmuka pengguna tersusun secara terstruktur, rapi, dan konsisten (baik di halaman publik maupun *dashboard* admin).					✓
10.	Pemilihan skema warna, tipografi, dan desain antarmuka memberikan kenyamanan visual dan keterbacaan informasi yang baik.					✓
11.	Desain ikon *marker* pada peta mudah dibedakan dan dikenali berdasarkan kategori jenis pohonnya.					✓

AR-RANIRY

12.	Sistem memberikan pesan peringatan atau validasi (*error message/success notification*) yang jelas kepada pengguna (misalnya: saat berhasil menyimpan data atau gagal *login*).					✓

F. Komentar dan Saran Perbaikan

Banda Aceh, 26 Agustus 2026
Validator Ahli Media,

Khairan - A

NIP. 198607042014031001

جامعة الرانري
AR-RANIRY

Lampiran 4. Lembar Angket Validasi Ahli Media (Validator 2)

LEMBAR ANGKET VALIDASI AHLI MEDIA

A. Identitas Peneliti

Nama : Raisul Amar

NIM : 220705016

Prodi : Teknologi Informasi

Judul : Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis Berbasis Web (WebGIS) untuk Inventarisasi dan Pemetaan Pohon di Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh

B. Identitas Validator

Nama : Malahayati, M.T.

NIP : 198301272015032003

Instansi: Teknologi Informasi

C. Deskripsi Singkat Sistem

Sistem yang dinilai pada angket ini adalah sebuah WebGIS yang dikembangkan menggunakan *framework* CodeIgniter 4 dan *library* Leaflet.js. Sistem ini bertujuan untuk inventarisasi dan pemetaan sebaran pohon di lingkungan kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

D. Petunjuk Pengisian

Bapak/Ibu Validator dimohon untuk memberikan penilaian terhadap kelayakan sistem WebGIS ini dengan memberikan tanda centang (✓) pada kolom skala penilaian yang tersedia. Keterangan Skala Penilaian:

1 = Sangat Tidak Setuju / Sangat Kurang

2 = Tidak Setuju / Kurang

3 = Cukup Setuju / Cukup

4 = Setuju / Baik

5 = Sangat Setuju / Sangat Baik

جامعة الرانري
AR-RANIRY

E. Indikator Penilaian

No.	Indikator	Nilai				
		1	2	3	4	5
A. Aspek Kesesuaian Fungsional (*Functional Suitability*)						
1.	Sistem WebGIS mampu menyimpan data inventarisasi pohon (nama, dimensi, koordinat) dengan akurat ke dalam basis data.				✓	
2.	Fitur peta interaktif mampu menampilkan *marker* pohon pada titik koordinat spasial yang tepat.				✓	
3.	Jendela informasi (*pop-up*) berhasil menampilkan rincian atribut pohon dan foto dengan benar saat *marker* di klik.				✓	
4.	Fitur *autocomplete* secara akurat memanggil data nama ilmiah dan densitas kayu dari basis data referensi.				✓	
5.	Fitur filter pada legenda peta mampu menyeleksi dan menampilkan *marker* pohon berdasarkan spesies yang dipilih secara presisi.				✓	
B. Aspek Efisiensi Kinerja (*Performance Efficiency*)						
6.	Sistem WebGIS memiliki waktu respons (*loading*) yang cepat saat merender peta digital pertama kali.				✓	
7.	Proses navigasi peta (seperti *zoom in/out* dan *panning*) berjalan mulus tanpa adanya *lag* atau penurunan performa.				✓	
8.	Operasi penambahan, pengubahan, dan penghapusan data pohon (CRUD) diproses oleh sistem dengan efisien tanpa beban waktu (*delay*) yang lama.				✓	
C. Aspek Kebergunaan dan Antarmuka (*Usability*)						
9.	Tata letak (*layout*) antarmuka pengguna tersusun secara terstruktur, rapi, dan konsisten (baik di halaman publik maupun *dashboard* admin).			✓		
10.	Pemilihan skema warna, tipografi, dan desain antarmuka memberikan kenyamanan visual dan keterbacaan informasi yang baik.				✓	
11.	Desain ikon *marker* pada peta mudah dibedakan dan dikenali berdasarkan kategori jenis pohonnya.				✓	

AR-RANIRY

12.	Sistem memberikan pesan peringatan atau validasi (*error message/success notification*) yang jelas kepada pengguna (misalnya: saat berhasil menyimpan data atau gagal *login*).		✓			

F. Komentar dan Saran Perbaikan

- Tambahkan fitur pencarian, dimana pada saat user mencari nama pohon, peta akan membawa/memindahkan tampilan ke lokasi pohon itu berada.
- Tambahkan fitur saran perbaikan ketika user salah mengetik nama pohon
- Tampilan WebGIS terlalu kosong tanpa simpul

Banda Aceh, 27 Agustus 2026
Validator Ahli Media,

Mahfuzah, M.T
NIP. 198301272015032003

جامعة الرانري
AR-RANIRY