

Identifikasi Pohon Berbasis QR Code untuk Mendokumentasikan Keanekaragaman Hayati di Lingkungan Kampus

Rohmat Gunawan^{*1}, Alam Rahmatulloh², Cindera Syaiful Nugraha³

^{1,2}Program Studi Informatika, Fakultas Teknik Universitas Siliwangi, Indonesia

³Program Studi Keuangan dan Perbankan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Siliwangi, Indonesia

Email: ¹rohmatgunawan@unsil.ac.id, ²alam@unsil.ac.id, ³cinderasn@unsil.ac.id

Abstrak

Keanekaragaman hayati merupakan salah satu aset lingkungan kampus yang sangat penting untuk dijaga keberadaan, keberlanjutan, dan kelestariannya. Keberadaannya tidak hanya berfungsi sebagai ruang pendidikan dan penelitian, tetapi juga sebagai ekosistem hijau yang mendukung keseimbangan lingkungan. Akan tetapi, proses pemantauan, pendataan, serta dokumentasi keanekaragaman hayati, khususnya pada jenis tumbuhan pohon yang berada di lingkungan kampus, masih menghadapi berbagai kendala, terutama karena belum tersedianya sistem identifikasi yang terintegrasi secara digital, mudah diakses oleh civitas akademika, serta memungkinkan partisipasi aktif dari berbagai pihak. Tujuan penelitian ini untuk mengembangkan sebuah sistem identifikasi pohon berbasis *Quick Response (QR) Code* yang dapat digunakan sebagai media dokumentasi, identifikasi, serta pemantauan keanekaragaman hayati pohon di lingkungan kampus secara lebih sistematis dan terstruktur. Setiap pohon akan diberikan label berupa QR Code yang dapat dipindai menggunakan perangkat mobile seperti *smartphone*, sehingga pengguna dapat secara langsung memperoleh informasi terkait nama spesies pohon, kondisi pohon, serta lokasi pohon tersebut. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *research and development* yang meliputi beberapa tahapan: analisis kebutuhan sistem dan teknologi yang digunakan, perancangan desain arsitektur sistem, proses pengembangan aplikasi, serta tahap pengujian sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe aplikasi identifikasi pohon berbasis QR Code telah berhasil dikembangkan dan diuji melalui 10 skenario. Tingkat keberhasilan fungsional sistem dan tingkat keberhasilan pemindaian QR Code mencapai 100 %. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dinilai mampu meningkatkan efisiensi dalam proses dokumentasi keanekaragaman hayati, mendukung kegiatan pembelajaran berbasis lingkungan di kampus, serta memberikan kontribusi terhadap implementasi program *green campus* yang berkelanjutan.

Kata kunci: identifikasi, kampus, keanekaragaman hayati, pohon, QR Code.

QR Code-Based Tree Identification to Document Biodiversity on Campus

Abstract

Biodiversity is one of the campus environmental assets that is very important to maintain its existence, sustainability, and preservation. Its existence not only functions as an educational and research space, but also as a green ecosystem that supports environmental balance. However, the process of monitoring, data collection, and documentation of biodiversity, especially on tree species in the campus environment, still faces various obstacles, mainly due to the lack of a digitally integrated identification system, easily accessible by the academic community, and allowing active participation from various parties. The purpose of this study is to develop a *Quick Response (QR) Code*-based tree identification system that can be used as a medium for documentation, identification, and monitoring of tree biodiversity in the campus environment in a more systematic and structured manner. Each tree will be labeled in the form of a QR Code that can be scanned using a mobile device such as a *smartphone*, so that users can directly obtain information regarding the name of the tree species, the condition of the tree, and the location of the tree. The research method used in this study is the *research and development* method which includes several stages: analysis of system requirements and the technology used, designing the system architecture design, the application development process, and the system testing stage. The research results show that the prototype QR Code-based tree identification application has been successfully developed and tested through 10 functional test scenarios. The system functional success rate and QR-Code scanning success rate reached 100%. Thus, the developed system is considered capable of increasing efficiency in the biodiversity documentation process, supporting environmentally-based learning activities on campus, and contributing to the implementation of a sustainable green campus program.

Keywords: *biodiversity, campus, identification, trees, QR Code.*

1. PENDAHULUAN

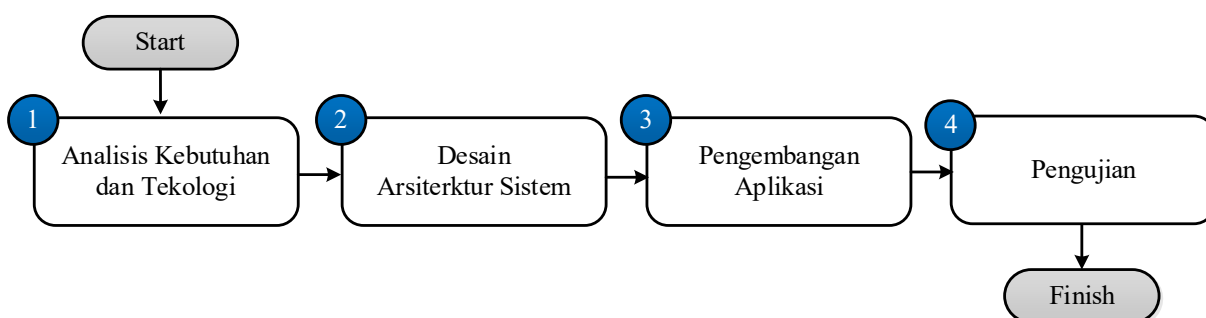
Keanekaragaman hayati merupakan salah satu komponen fundamental yang memiliki peran sangat penting dalam menjaga stabilitas dan keseimbangan ekosistem [1]. Ekosistem di kawasan kampus tidak hanya berfungsi sebagai ruang penyelenggaraan kegiatan akademik, tetapi juga sebagai ruang sosial dan lingkungan yang mendukung keberlanjutan ekologi [2] [3]. Tumbuhan, khususnya pohon, memiliki peran ekologis yang sangat strategis, antara lain sebagai penyerap karbon dioksida [4], penghasil oksigen [5], pengatur iklim mikro di lingkungan sekitar [6], serta sebagai habitat alami bagi berbagai jenis fauna yang hidup di dalamnya [7]. Oleh sebab itu, upaya identifikasi, pendataan, dan dokumentasi pohon yang terdapat di lingkungan kampus menjadi suatu langkah yang sangat penting dan mendasar dalam rangka mendukung pelestarian lingkungan hidup sekaligus memperkuat implementasi konsep green campus secara berkelanjutan [8].

Identifikasi tanaman merupakan suatu proses ilmiah yang bertujuan untuk mengenali, mengklasifikasikan, serta menentukan jenis atau spesies tanaman berdasarkan berbagai karakteristik yang dimiliki, baik yang bersifat morfologis, fisiologis, maupun genetik [9]. Dalam konteks lingkungan kampus, kegiatan identifikasi pohon tidak hanya berfungsi sebagai aktivitas ilmiah semata, tetapi juga memiliki kontribusi yang signifikan terhadap pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan atau Sustainable Development Goals (SDGs) [10], khususnya pada aspek SDG-4 yang berkaitan dengan peningkatan kualitas pendidikan melalui penerapan pembelajaran berbasis lingkungan [11], serta SDG-13 yang berfokus pada upaya penanganan perubahan iklim melalui pelestarian dan pengelolaan ekosistem hijau secara optimal [12]. Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji proses identifikasi pohon di lingkungan kampus dengan memanfaatkan pendekatan berbasis karakteristik morfologi maupun penggunaan aplikasi berbasis smartphone sebagai alat bantu identifikasi [13]. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih memiliki keterbatasan karena cenderung berfokus pada identifikasi visual semata dan belum mampu menghadirkan suatu sistem dokumentasi yang praktis, terintegrasi secara digital, serta mudah diakses oleh seluruh civitas akademika secara luas.

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, pemanfaatan teknologi seperti *Quick Response (QR) Code* menjadi salah satu alternatif solusi yang dinilai efektif karena memiliki keunggulan dalam hal kemudahan implementasi [14], efisiensi biaya [15], serta kemampuannya dalam menyimpan dan mengakses informasi secara cepat [16], [17]. QR Code memungkinkan setiap pohon memiliki identitas unik yang dapat dipindai menggunakan perangkat mobile, kemudian diintegrasikan dengan sistem informasi berbasis web atau mobile untuk menampilkan data secara real time dan terstruktur. Adapun kebaruan dalam penelitian ini terletak pada upaya integrasi antara penggunaan QR Code sebagai media identifikasi fisik pada objek pohon dengan pengembangan aplikasi berbasis mobile web yang mampu menyajikan informasi secara komprehensif, meliputi data spesies, kondisi fisik, serta lokasi pohon dalam satu sistem yang terorganisasi dengan baik. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu identifikasi semata, tetapi juga memiliki peran sebagai media pembelajaran interaktif serta sebagai sarana pendukung dalam mewujudkan program green campus yang berkelanjutan dan berbasis teknologi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Metode ini bertujuan untuk mengembangkan sistem identifikasi pohon berbasis QR Code yang dapat digunakan secara nyata. Terdapat empat tahapan utama yang dilakukan dalam penelitian ini, diantaranya: analisis kebutuhan dan teknologi, desain arsitektur sistem, pengembangan aplikasi, pengujian, seperti ditampilkan pada gambar 1.



Gambar 1. Metode Penelitian

2.1. Analisis Kebutuhan dan Teknologi

Pada tahap ini dilakukan analisis kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk membangun sistem. Spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam percobaan pada penelitian ini ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel. 1. Spesifikasi Perangkat Keras yang digunakan

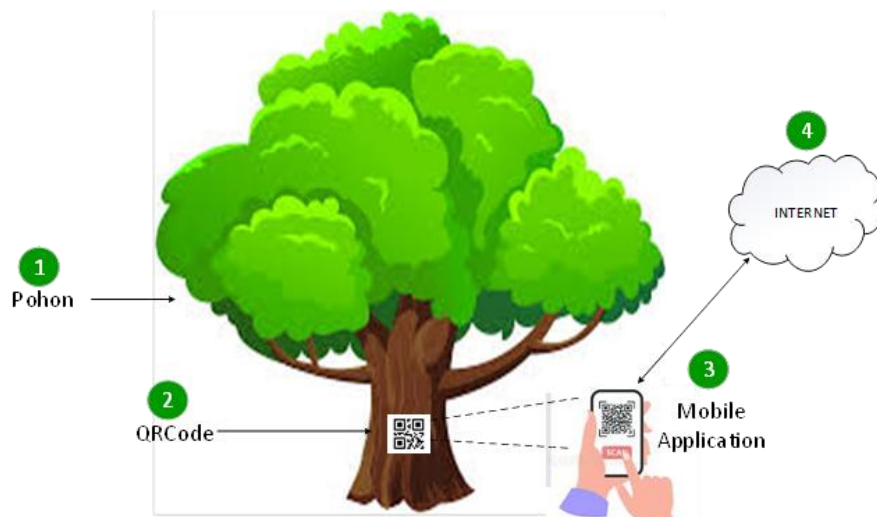
No	Item	Spesifikasi
1	Processor	2 VCPU
2	RAM	4096 MB
3	Boot Disk	2 GB

Tabel. 2. Spesifikasi Perangkat Lunak yang digunakan

No	Item	Spesifikasi
1	Operating System	Linux Debian 11
2	Web Server	Apache
3	Database Server	Supabase
4	Front End	React
5	Back End	Nodejs

2.2. Desain Arsitektur Sistem

Pada penelitian ini, dikembangkan suatu aplikasi yang dirancang untuk memiliki fitur pemindaian QRCode. Pada penelitian ini QRCode digunakan sebagai objek untuk identifikasi pohon melalui pemindaian. Arsitektur yang dirancang untuk mendukung sistem yang dikembangkan ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur sistem yang dikembangkan

- Pohon : Objek yang akan diidentifikasi
- QRCode : Kode khusus yang dapat dipindai, menyimpan informasi setiap pohon yang diidentifikasi
- Mobile Application : Aplikasi identifikasi pohon yang dikembangkan dalam penelitian ini
- Internet : Aplikasi yang dikembangkan disimpan di internet.

2.3. Pengembangan Aplikasi

Pada tahap ini rancangan yang telah dibuat sebelumnya, diimplementasikan ke dalam suatu program komputer (*coding*). Aplikasi dibuat berbasis *mobile web* yang terkoneksi dengan jaringan internet agar dapat diakses dimana saja selama ada koneksi internet melalui *smartphone*.

2.4. Pengujian

Pengujian sistem dilakukan dengan mengembangkan berbagai skenario terkait penggunaan fitur pada aplikasi yang telah dikembangkan. Setiap skenario akan dilakukan dalam percobaan, diamati serta hasilnya dicatat pada tabel.

a. Tingkat Keberhasilan Fungsi Sistem

Tingkat keberhasilan fungsi sistem menunjukkan proporsi fungsi yang berhasil dijalankan tanpa error dibandingkan dengan total fungsi yang diuji. Semakin tinggi nilainya, semakin baik kualitas implementasi sistem tersebut [18]. Untuk menghitung tingkat keberhasilan sistem digunakan formula sesuai dengan persamaan (1).

$$\text{Tingkat Keberhasilan Fungsi Sistem(\%)} = \frac{F_{\text{berhasil}}}{F_{\text{total}}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

F_{berhasil} = jumlah fungsi yang berhasil dijalankan sesuai skenario

F_{total} = jumlah seluruh fungsi yang diuji.

b. Tingkat Keberhasilan Pemindaian QR Code

Tingkat keberhasilan pemindaian QR Code (*QR Code scanning success rate*) digunakan untuk mengukur kemampuan sistem dalam membaca dan menampilkan informasi pohon secara benar. Ini menunjukkan proporsi QR Code yang berhasil didekode atau diinterpretasikan dengan benar oleh sistem dibandingkan dengan total percobaan pemindaian [19]. Untuk menghitung tingkat keberhasilan sistem digunakan formula sesuai dengan persamaan (2).

$$\text{Tingkat Keberhasilan Scan(\%)} = \frac{J_{\text{berhasil}}}{J_{\text{total}}} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

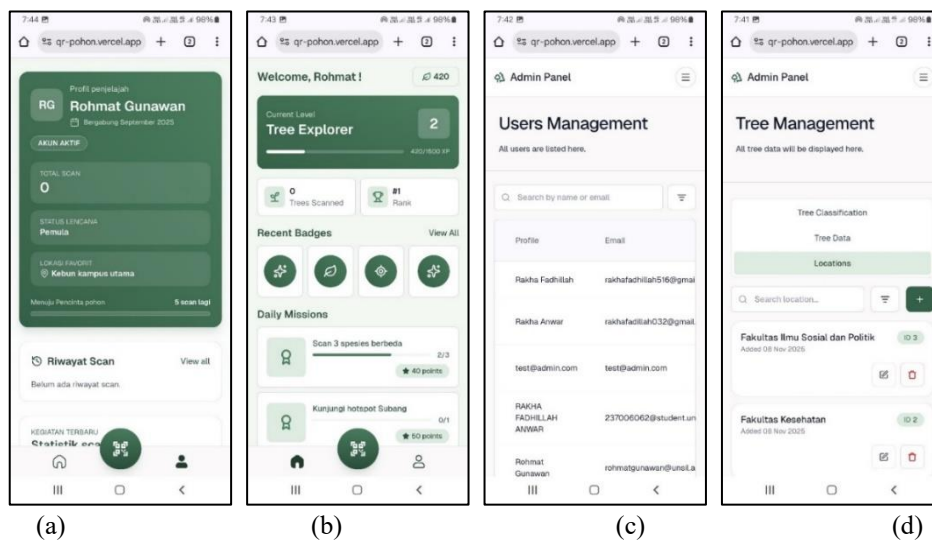
J_{berhasil} = jumlah QR Code yang berhasil dipindai dan menampilkan informasi dengan benar

J_{total} = jumlah total percobaan pemindaian QR Code

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengembangan Aplikasi

Pada tahap ini rancangan yang telah dibuat sebelumnya, diimplementasikan ke dalam suatu program komputer (*coding*). Aplikasi dibuat berbasis mobile web yang terkoneksi dengan jaringan internet agar dapat diakses dimana saja selama ada koneksi internet melalui komputer atau smartphone. Prototype aplikasi identifikasi pohon berbasis mobile telah berhasil dikembangkan, seperti ditampilkan pada gambar 3.



(a) (b) (c) (d)

Gambar 3. (a) Tampilan Riwayat Scanning User (b) Tampilan User Profile
(c) Tampilan data User di bagian admin (d) Tampilan data Pohon di bagian admin

3.2. Pengujian

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap semua fitur yang ada pada aplikasi. Pengujian fungsional dilakukan menggunakan 10 skenario mencakup: proses login, pengelolaan data pohon dan lokasi, pembuatan serta pengunduhan QR Code, hingga pemindaian QR Code untuk menampilkan informasi pohon. Seluruh skenario pengujian menunjukkan hasil diterima, yang menandakan bahwa fungsi-fungsi utama sistem telah berjalan sesuai dengan kebutuhan yang dirancang. Hasil pengujian dicatat dan dievaluasi sebagai acuan untuk penyempurnaan berikutnya, seperti ditampilkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Aplikasi Identifikasi Pohon Berbasis QR-Code

No	Aktivitas Pengujian	Realisasi yang diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1.	Login dengan google mail	Masuk ke menu utama	Tampil menu utama	[√] Diterima [] Ditolak
2.	Input Data Pohon	Item-item yang diisi pada data profil tersimpan pohon	Item yang sudah diinputkan pada data pohon berhasil disimpan dan dapat ditampilkan	[√] Diterima [] Ditolak
3.	Input Data Lokasi	Item-item yang diinputkan pada data lokasi tersimpan	Item yang sudah diinputkan pada data lokasi berhasil disimpan dan dapat ditampilkan	[√] Diterima [] Ditolak
4.	Generate QRCode berdasarkan data pohon dan lokasi	QRCode berhasil dibuat dan tersimpan	QRCode yang telah dibuat berhasil disimpan dan dapat ditampilkan	[√] Diterima [] Ditolak
5.	Unduh QRCode	Data QRCode yang telah tersimpan dapat diunduh	QRCode yang telah tersimpan berhasil diunduh	[√] Diterima [] Ditolak
6.	Tampilkan data user	Item-item data user yang tersimpan dapat ditampilkan	Item-item data user yang tersimpan berhasil ditampilkan	[√] Diterima [] Ditolak
7.	Tampilkan daftar user yang telah mengakses QRCode	Daftar user yang tersimpan dan telah mengakses QRCode dapat ditampilkan	Daftar user yang tersimpan dan telah mengakses QRCode berhasil ditampilkan	[√] Diterima [] Ditolak
8.	Scanning QRCode Pohon	QRCode yang telah dicetak dapat discan oleh user	QRCode yang telah dicetak berhasil discan oleh user	[√] Diterima [] Ditolak
9.	Tampilkan identitas pohon sesuai dengan QRCode	Informasi identitas pohon dapat ditampilkan setelah proses scanning QRCode	Informasi identitas pohon berhasil ditampilkan setelah proses scanning QRCode	[√] Diterima [] Ditolak
10.	Logout	Keluar dari menu utama	Pengguna berhasil keluar dari	[√] Diterima

aplikasi

[] Ditolak

c. Hasil Pengukuran Tingkat Keberhasilan Fungsi Sistem

Sistem yang dikembangkan memiliki 10 fungsi utama yang diuji, sebagai berikut:

1. Login pengguna
2. Input data pohon
3. Input data lokasi
4. Genarate QR Code
5. Unduh QR Code
6. Tampil data user
7. Tampilkan daftar user yang telah mengakses QR Code
8. Scanning QRCode Pohon
9. Tampilkan identitas pohon sesuai dengan QRCode
10. Logout

$$F_{\text{total}} = 10$$

Adapun hasil pengujian fungsional aplikasi ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian fungsi pada aplikasi

No	Fungsi	Status
1.	Login pengguna	Berhasil
2.	Input data pohon	Berhasil
3.	Input data lokasi	Berhasil
4.	Genarate QR Code	Berhasil
5.	Unduh QR Code	Berhasil
6.	Tampil data user	Berhasil
7.	Tampilkan daftar user yang telah mengakses QR Code	Berhasil
8.	Scanning QRCode Pohon	Berhasil
9.	Tampilkan identitas pohon sesuai dengan QRCode	Berhasil
10.	Logout	Berhasil

$$F_{\text{berhasil}} = 10$$

$$\text{Keberhasilan Sistem} = (F_{\text{berhasil}} / F_{\text{total}}) \times 100\%$$

$$\text{Keberhasilan Sistem} = (10 / 10) \times 100\%$$

$$\text{Keberhasilan Sistem} = 100\%$$

d. Hasil Pengukuran Tingkat Keberhasilan Pemindaian QR Code

Terdapat 10 data pohon yang masing-masing memiliki QR Code. Setiap QR Code dicetak, dan ditempatkan pada setiap pohon. Setiap QR-Code yang telah ditempatkan pada setiap pohon dipindai sebanyak 5 kali. Hasil pemindaian QR-Code ditampilkan pada table 5.

Tabel 5. Hasil pengujian pemindaian QR-Code

No	Nama Pohon	Jumlah Percobaan	Berhasil	Gagal	Presentase (%)
1.	Damar	5	5	0	100
2.	Mangga	5	5	0	100
3.	Ketapang	5	5	0	100
4.	Pule	5	5	0	100
5.	Cemara	5	5	0	100
6.	Jati	5	5	0	100
7.	Jengkol	5	5	0	100
8.	Mahoni	5	5	0	100
9.	Cemara	5	5	0	100
10.	Manglid	5	5	0	100

Total	50	50	0	100
-------	----	----	---	-----

Jumlah QR-Code = 10

Percobaan setiap QR-Code = 5 kali

$J_{\text{total}} \text{ Percobaan} = 10 \times 5 = 50$

Dari hasil percobaan diperoleh :

Berhasil dipindai (J_{berhasil}) = 50

Gagal dipindai = 0

Tingkat Keberhasilan Scan = $(J_{\text{berhasil}} / J_{\text{total}}) \times 100\%$

Tingkat Keberhasilan Scan = $(50 / 50) \times 100\%$

Tingkat Keberhasilan Scan = 100%

3.3. Pembahasan

Sistem identifikasi pohon berbasis QR Code dapat berfungsi sebagai media pembelajaran kontekstual (*contextual learning*) yang memungkinkan mahasiswa mempelajari keanekaragaman hayati secara langsung di lingkungan kampus. Melalui pemindaian QR Code, pengguna dapat memperoleh informasi ilmiah mengenai nama lokal, nama ilmiah, famili, karakteristik morfologi, manfaat ekologis, dan status konservasi suatu spesies pohon. Keanekaragaman hayati lokal terbukti dapat dijadikan sumber belajar kontekstual yang mampu meningkatkan kesadaran ekologis, kemampuan berpikir kritis, serta keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Selain itu, pemanfaatan sumber belajar berbasis keanekaragaman hayati juga meningkatkan literasi keanekaragaman hayati mahasiswa dan siswa [20]. Sistem QR Code yang dikembangkan didukung oleh basis data digital yang menyimpan informasi jenis-jenis pohon di lingkungan kampus. Dokumentasi digital ini sangat penting untuk mendukung kegiatan konservasi. Ketersediaan informasi yang mudah diakses oleh sivitas akademika akan meningkatkan pengetahuan dan kepedulian terhadap konservasi keanekaragaman hayati. Pembelajaran yang memanfaatkan lingkungan sekitar dan keanekaragaman hayati lokal terbukti dapat menumbuhkan sikap konservasi serta tanggung jawab lingkungan [21]. Konsep *Green Campus* menekankan keberlanjutan dalam pengelolaan lingkungan kampus melalui integrasi aspek pendidikan, konservasi, tata kelola, dan pemanfaatan teknologi ramah lingkungan. Sistem identifikasi pohon berbasis QR Code mendukung implementasi *Green Campus* melalui: dukungan digitalisasi informasi lingkungan, mendukung pengelolaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) serta mendukung peningkatan kesadaran lingkungan sivitas akademika [22].

Berbeda dengan aplikasi pelaporan sederhana yang hanya menampilkan informasi statis, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini menyediakan alur pengelolaan data yang lengkap, mulai dari input data pohon dan lokasi, pembuatan identitas QR Code unik, hingga pencatatan akses pengguna terhadap informasi pohon. Pendekatan ini memungkinkan sistem dimanfaatkan sebagai media dokumentasi jangka panjang sekaligus sebagai sarana monitoring pemanfaatan data keanekaragaman hayati oleh civitas akademika. Dari sisi metodologi, penelitian ini tidak hanya berhenti pada tahap implementasi aplikasi, tetapi juga melakukan evaluasi sistem menggunakan indikator kuantitatif, seperti tingkat keberhasilan pemindaian QR Code dan tingkat keberhasilan fungsi sistem. Penggunaan formula pengujian tersebut memperkuat validitas hasil penelitian dan menunjukkan bahwa sistem telah dievaluasi secara terukur, sehingga dapat direplikasi atau dikembangkan lebih lanjut pada konteks lingkungan kampus yang berbeda.

Dibandingkan dengan penelitian [1], yang mengembangkan sistem pengenalan tanaman berbasis QR Code dengan fokus pada penyajian informasi, penelitian ini menawarkan pendekatan yang lebih komprehensif melalui integrasi manajemen data, pemantauan akses pengguna, serta dukungan terhadap pembelajaran berbasis lingkungan. Penelitian [2] lebih menekankan pada inventarisasi tanaman pada kawasan tertentu, sedangkan sistem pada penelitian ini dirancang untuk mendukung ekosistem akademik kampus secara berkelanjutan. Sementara itu, penelitian [11] masih bersifat penyajian informasi statis, sedangkan sistem yang dikembangkan pada penelitian ini bersifat dinamis dan dapat diperbarui sesuai kondisi lapangan.

Meskipun sistem yang dikembangkan menunjukkan kinerja yang baik, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Sistem bersifat *network dependent* sehingga memerlukan koneksi internet yang stabil untuk mengakses informasi melalui pemindaian QR Code. Selain itu, proses pembaruan data pohon masih dilakukan secara manual oleh administrator, sehingga bergantung pada konsistensi dan keakuratan input data. Keterbatasan ini membuka peluang pengembangan lanjutan, seperti integrasi sensor lingkungan, fitur pelaporan kondisi pohon oleh pengguna, serta dukungan mode offline untuk meningkatkan keandalan sistem.

3.4. Algoritma pada Sistem Identifikasi Pohon Berbasis QR Code

Secara fundamental, sistem identifikasi pohon yang dikembangkan dalam penelitian ini mengimplementasikan kombinasi algoritma pengalamatan unik (*unique identifier mapping*), algoritma pencarian

berbasis kunci (*key-based retrieval*), dan alur pemrosesan permintaan berbasis *client-server*. Integrasi algoritma tersebut menjadi dasar logika kerja sistem dalam menghubungkan objek fisik (pohon) dengan data digital secara akurat dan konsisten.

a. Algoritma Pembuatan Identitas Unik Pohon (Unique Tree ID Generation)

Setiap pohon direpresentasikan oleh sebuah TreeID yang bersifat unik. TreeID ini dihasilkan secara otomatis oleh sistem pada saat administrator memasukkan data pohon ke dalam basis data. Algoritma yang digunakan mengadopsi konsep *UUID (Universally Unique Identifier)* atau *auto-increment ID* pada basis data relasional, dengan tujuan: menghindari duplikasi identitas antar pohon, menjamin keterkaitan satu-ke-satu (*one-to-one mapping*) antara pohon fisik dan data digital dan mempermudah proses pelacakan dan pembaruan data. Secara konseptual, algoritma ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

Input : Data pohon (nama spesies, lokasi, kondisi)
Process: Generate TreeID unik
Output : TreeID tersimpan di basis data

TreeID inilah yang kemudian dikodekan ke dalam QR Code sebagai representasi digital dari pohon tersebut.

b. Algoritma Encoding QR Code

Setelah TreeID dihasilkan, sistem menerapkan algoritma QR Code encoding untuk mengubah TreeID menjadi simbol QR Code dua dimensi. Proses encoding mengikuti standar ISO/IEC 18004, yang melibatkan:

Konversi data TreeID ke format alfanumerik
Penambahan error correction level
Pembentukan pola modul QR Code

Penggunaan *error correction* memungkinkan QR Code tetap dapat dipindai meskipun mengalami kerusakan fisik ringan, sehingga sesuai untuk penggunaan di luar ruangan (lingkungan kampus).

c. Algoritma Pemindaian dan Decode QR Code

Pada sisi pengguna, sistem menerapkan algoritma decoding QR Code berbasis kamera perangkat mobile. Algoritma ini bekerja dengan tahapan:

Deteksi pola QR Code pada citra kamera
Ekstraksi data TreeID
Validasi format data
Pengiriman TreeID ke server melalui API

Secara fungsional, proses ini dapat dirumuskan sebagai:

Input : Citra QR Code dari kamera
Process: Decode QR Code, ekstraksi TreeID
Output : TreeID tervalidasi

Keberhasilan algoritma ini diukur melalui indikator tingkat keberhasilan pemindaian QR Code yang telah dijelaskan pada bagian pengujian kuantitatif.

d. Algoritma Pencarian dan Pengambilan Data Pohon (Key-Based Data Retrieval)

Setelah TreeID diperoleh, sistem menggunakan algoritma pencarian berbasis kunci primer (*primary key search*) pada basis data Supabase. Algoritma ini mengimplementasikan mekanisme:

Query berbasis indeks
Kompleksitas pencarian mendekati $O(1)$ pada kondisi ideal
Pengambilan data pohon secara real time

Formulasi prosesnya adalah sebagai berikut:

Input : TreeID
Process: Query basis data berdasarkan TreeID
Output : Informasi pohon (spesies, lokasi, kondisi)

Pendekatan ini menjamin bahwa informasi yang ditampilkan kepada pengguna selalu sesuai dengan pohon yang dipindai.

e. Algoritma Alur Client–Server dan Validasi Akses

Sistem ini juga menerapkan algoritma request–response berbasis REST API, di mana:

Client (mobile web) mengirim permintaan data
Server memvalidasi TreeID
Server mengirimkan data pohon dalam format JSON

Selain itu, sistem mencatat aktivitas akses pengguna sebagai bagian dari proses monitoring, sehingga data dapat dianalisis untuk melihat tingkat pemanfaatan sistem sebagai media pembelajaran dan dokumentasi keanekaragaman hayati.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengembangan sistem identifikasi pohon berbasis QR Code berhasil diimplementasikan sebagai solusi digital dalam mendukung pengelolaan keanekaragaman hayati di lingkungan kampus. Sistem yang dirancang mampu mengatasi keterbatasan proses pendataan dan pemantauan sebelumnya dengan menyediakan mekanisme identifikasi yang lebih sistematis, terstruktur, serta mudah diakses melalui perangkat mobile. Melalui penerapan metode *research and development*, sistem dikembangkan secara bertahap mulai dari analisis kebutuhan hingga pengujian fungsional. Hasil pengujian terhadap sepuluh skenario menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan sesuai dengan yang diharapkan, sehingga dapat dinyatakan bahwa sistem memiliki tingkat keberhasilan fungsional yang sangat baik dan layak untuk digunakan. Tingkat keberhasilan fungsi sistem dan tingkat keberhasilan pemindaian QRCode mencapai 100 %. Implementasi QR Code pada setiap pohon terbukti efektif dalam memberikan akses informasi secara cepat dan akurat terkait spesies, kondisi, serta lokasi pohon. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi dalam proses dokumentasi, tetapi juga mendorong partisipasi aktif civitas akademika dalam kegiatan pemantauan dan pelestarian lingkungan. Secara keseluruhan, sistem ini memberikan kontribusi nyata dalam mendukung kegiatan pembelajaran berbasis lingkungan, meningkatkan kesadaran ekologis, serta memperkuat implementasi konsep *green campus* yang berkelanjutan. Oleh karena itu, sistem yang dikembangkan memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut, baik dari sisi fitur maupun skalabilitas, guna mendukung pengelolaan keanekaragaman hayati yang lebih luas dan terintegrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Aisyah Noor, G. IPA pada sekolah MTsN, K. Tangerang Selatan Alamat Institusi, K. Tangerang Selatan, and J. Pajajaran Pamulang Barat, “Peran Keanekaragaman Hayati Di Indonesia Dalam Mengatasi Perubahan Iklim Global,” *Pros. Semin. Nas. Biol.*, vol. 3, no. 2, pp. 243–265, 2023, [Online]. Available: <https://semnas.biologi.fmipa.unp.ac.id/index.php/prosiding/article/view/722>
- [2] D. N. Sari, M. Linda, M. Damayanti, and R. R. Pramasha, “Keseimbangan Ekonomi Dan Lingkungan Dalam Pengelolaan Hutan Berkelanjutan : Konservasi Keanekaragaman Hayati Sebagai Aset Ekonomi,” vol. 3, no. 2, pp. 11–19, 2024.
- [3] Y. Amri, “Optimalisasi Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau Dalam,” vol. 14, no. 2, pp. 45–58, 2025, doi: 10.15294/jsi.v12i1.
- [4] Parid Pakaya, Fitryane Lihawa, and Dewi Wahyuni K. Baderan, “Efektivitas Ruang Terbuka Hijau Publik dalam Menyerap Emisi Karbon Dioksida untuk Mendukung Keberlanjutan Lingkungan Perkotaan,” *Hidroponik J. Ilmu Pertan. Dan Teknol. Dalam Ilmu Tanam.*, vol. 1, no. 3, pp. 54–75, 2024, doi: 10.62951/hidroponik.v1i3.199.
- [5] O. A. Safitri, R. R. Astining Putri, R. Fajri, and Nurafni Rindiani, “Peran Hutan Kota Sonokridanggo

- Boyolali Sebagai Penghasil Oksigen,” *J. Informasi, Sains dan Teknol.*, vol. 7, no. 2, pp. 24–39, 2024, doi: 10.55606/isaintek.v7i2.254.
- [6] F. Raihan, A. R. M Akbar, E. Rini Indrayatie, and P. Studi Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, “PERAN TAMAN HUTAN HUJAN TROPIS INDONESIA TERHADAP IKLIM MIKRO,” *EnviroScienteeae Vol. 19 No. 1*, vol. 19, no. 1, pp. 165–171, 2023.
- [7] T. Wahyuningsih, B. Karyadi, R. W. Wardana, and A. Mayub, “Potensi Biomassa Pohon dan Emisi Karbondioksida Untuk Menilai Keseimbangan Karbon di Lingkungan,” vol. 13, no. 4, pp. 2764–2774, 2025.
- [8] A. K. Azqia *et al.*, “Meningkatkan Upaya Pelestarian Lingkungan Melalui Kegiatan Green Action,” vol. 2, no. 2, pp. 1661–1669, 2023.
- [9] K. J. Tey Seran and W. A. Blegur, “PENGEMBANGAN APLIKASI SISTEM PENCANDRAAN TANAMAN DI KAWASAN LAHAN KERING MENGGUNAKAN QR CODE Studi Kasus Universitas Timor Kefamenanu Kefamenanu,” *J. PJU Saintek Lahan Kering*, vol., no., pp. 7–9, 2022.
- [10] Israjunna, D. Z. Avila, Ridwan, M. Z. Fikar, and W. Setiawan, “PENDAMPINGAN GREEN AREA KAMPUS BERBASIS KEARIFAN LOKAL UNTUK MEWUJUDKAN KAMPUS BERKELANJUTAN,” *J. Pengemb. Masy. Lokal*, vol. 8, no. 1, pp. 355–361, 2025.
- [11] A. Hafiz and D. Hidayati, “Strategi Sekolah dalam Meningkatkan Literasi Digital Siswa sebagai Upaya Mewujudkan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan untuk Kualitas Pendidikan (SDG 4),” vol. 4, no. 4, pp. 23546–23559, 2026.
- [12] I. Trisnawati, A. Y. Koswara, A. B. Raharjo, P. Maulida, and F. K. Muzaki, “QR Code Edukatif sebagai Media Belajar Terintegrasi untuk Pengelolaan Keanekaragaman Hayati Bambu di Kawasan Ekowisata Boonpring, Kabupaten Malang,” *Sewagati*, vol. 7, no. 4, pp. 541–551, 2023, doi: 10.12962/j26139960.v7i4.537.
- [13] F. Ibrahim, Z. Masyhur, and K. Khaerunsituncu, “Sistem Informasi Pengenalan Tanaman Menggunakan QR Code Scanner,” *J. Software, Hardw. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 24–34, 2021, doi: 10.24252/shift.v1i1.4.
- [14] J. Sembiring, V. Susilowati, A. Irving, and Y. Huntarso, “IMPLEMENTASI QUICKRESPONSE CODE SISTEM PEMESANAN PADA KEMASAN PRODUK,” *J. Bakti Masy. Indones.*, vol. 7, no. 3, pp. 486–493, 2024.
- [15] B. Simanjuntak, A. P. Putri, and A. W. Syahidah, “Efisiensi Penggunaan Quick Response Code Indonesia Standard (QRIS) Dalam Mendukung Penjualan Di Era Digital,” *Media Huk. Indones.*, vol. 2, no. 4, p. 332, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14192809>
- [16] M. Mariani and M. Ilmi, “PERANCANGAN SISTEM INFORMASI ABSENSI KARYAWAN DENGAN QR CODE BERBASIS WEB PADA PT. WATEROAM TECHNOLOGIES INDONESIA,” *Jurna Teknol. Digit. dan Sist. Inf.*, vol. 1, pp. 13–20, 2025.
- [17] N. Hafizhah and A. T. Hidayat, “Optimalisasi Pengembangan Sistem Presensi Karyawan Menggunakan Extreme Programming dan Teknologi QR Code,” *J. Janitra Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–13, 2025, doi: 10.59395/x78mnf30.
- [18] Z. Saeed and A. S. Abbas, “Evaluating Software Quality Metrics for Enhanced Software Management and Engineering,” *Ing. des Syst. d’Information*, vol. 29, no. 4, pp. 1423–1440, 2024, doi: 10.18280/isi.290416.
- [19] O. A. Nasr, E. A. Alsisi, K. Mohiuddin, and A. M. Alqahtani, “Designing an Intelligent QR Code-Based Mobile Application: A Novel Approach for Vehicle Identification and Authentication,” *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 16, no. 37, pp. 3139–3147, 2023, doi: 10.17485/ijst/v16i37.1389.
- [20] B. Sandika, “E-MODUL EDU-KEHATI BERBASIS I-SETS: PENGEMBANGAN BAHAN AJAR BERORIENTASI PADA LITERASI KEANEKARAGAMAN HAYATI,” *J. Inov. Pendidik. Biol.*, vol. 5, no. 2, pp. 24–34, 2024.
- [21] K. Natalina, C. Fransiska, M. Prawati, and M. Cician, “Pemanfaatan Tanaman Lokal Dayak Ngaju sebagai Sumber Belajar Konservasi Keanekaragaman Hayati,” *J. Sains dan Edukasi Sains*, vol. 8, no. 2, pp. 120–126, 2025, doi: 10.24246/juses.v8i2p120-126.
- [22] A. Sumpeda, U. Wahyudin, and A. Rahmat, “Analisis Implementasi Green Campus di Universitas Padjadjaran melalui Integrasi Teori Hukum Pembangunan dan Komunikasi Lingkungan Implementation,” *Bina Huk. Lingkung.*, vol. 10, no. 1, 2025.

