



Integrasi Quick Response Dinamis dan Algoritma Geofencing pada Sistem Presensi Terpadu untuk Validasi Kehadiran

Tiara Imanuela Putri Tehamen*, Lisyegladis Mengi, Tanjung Maharani Teksar, Herry Setiawan Langi, Steven Johny Runtuwene

Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Sarjana Terapan Teknik Informatika, Politeknik Negeri Manado, Manado

Jl. Raya Politeknik, Buha, Mapanget, Manado, Sulawesi Utara, Indonesia

Email: ^{1,*}tehamentiara@gmail.com, ²lisyegladis@gmail.com, ³tanjungteksar@gmail.com, ⁴herry.langi@polimdo.ac.id, ⁵steven@polimdo.ac.id

Email Penulis Korespondensi: tehamentiara@gmail.com

Submitted: 19/05/2026; Accepted: 15/07/2026; Published: 15/07/2026

Abstrak—Integritas data kehadiran siswa di lingkungan pendidikan kerap menghadapi tantangan serius, terutama terkait celah manipulasi seperti penitipan absen dan ketidaksesuaian lokasi kehadiran. Pada studi kasus di SMK Kristen Imanuel Laikit, metode pencatatan presensi yang ada belum sepenuhnya mampu memvalidasi titik lokasi dan identitas secara bersamaan, sehingga berpotensi memicu tindak kecurangan administrasi. Merespons problematika tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan integrasi algoritma Geofencing dan Quick Response (QR) Dinamis pada sistem presensi terpadu guna meminimalkan manipulasi validasi kehadiran. Secara teknis, sistem membangkitkan token QR Dinamis yang polanya terus diregenerasi setiap beberapa detik melalui mekanisme pembangkitan token berbasis waktu dan kombinasi string acak. Pembaruan otomatis ini dirancang secara ketat untuk mencegah penggunaan ulang token autentikasi, termasuk praktik penyebaran tangkapan layar kode QR kepada siswa lain. Sementara itu, mekanisme Geofencing diterapkan melalui perhitungan algoritma Haversine untuk memvalidasi posisi perangkat pengguna berdasarkan batas toleransi radius sekolah yang ditentukan. Sistem ini juga mengintegrasikan mekanisme pengelolaan kedisiplinan otonom yang memproses status kehadiran siswa berdasarkan ketepatan waktu presensi. Berdasarkan hasil pengujian perangkat lunak, sistem secara presisi mampu menjalankan autentikasi, validasi lokasi, sinkronisasi token QR, pengendalian hak akses, serta penolakan presensi yang tidak valid secara terintegrasi. Penelitian ini berkontribusi dalam menghadirkan sistem presensi yang aman dari celah manipulasi lokasi dan penggandaan kode QR. Lebih dari itu, sistem ini dirancang untuk mengelola kedisiplinan siswa secara mandiri guna menciptakan tata kelola akademik yang transparan dan akuntabel.

Kata Kunci: Sistem Presensi; QR Dinamis; Geofencing; Validasi Kehadiran; Algoritma Haversine

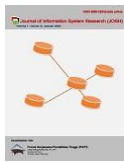
Abstract—The integrity of student attendance data in educational settings often faces serious challenges, particularly related to manipulation loopholes such as the use of absenteeism and inconsistencies in attendance locations. In a case study at SMK Kristen Imanuel Laikit, the existing attendance recording method was not fully capable of simultaneously validating location points and identities, potentially triggering administrative fraud. Responding to these problems, this study aims to propose the integration of geofencing and dynamic quick response (QR) algorithms into an integrated attendance system to minimize attendance validation manipulation. Technically, the system generates dynamic QR tokens whose patterns are continuously regenerated every few seconds through a time-based token generation mechanism and a random string combination. This automatic update is strictly designed to prevent reuse of authentication tokens, including the practice of sharing QR code screenshots with other students. Meanwhile, the geofencing mechanism is implemented through the Haversine algorithm calculation to validate the user's device position based on the school's specified radius tolerance limit. This system also integrates an autonomous discipline management mechanism that processes student attendance status based on the timeliness of attendance. Based on software testing results, the system is capable of precisely executing authentication, location validation, QR token synchronization, access rights control, and invalid attendance rejection in an integrated manner. This research contributes to the development of a secure attendance system that is free from location manipulation and QR code duplication. Furthermore, this system is designed to independently manage student discipline to create transparent and accountable academic governance.

Keywords: Attendance System; Dynamic QR; Geofencing; Attendance Validity; Haversine Algorithm

1. PENDAHULUAN

Kemajuan cepat teknologi informasi dan komunikasi di era digital saat ini telah mengubah secara fundamental di berbagai bidang, termasuk bidang pendidikan. Dalam ekosistem pendidikan formal, pengelolaan administrasi yang terstruktur, jelas, dan tepat adalah dasar bagi kelancaran operasional proses belajar mengajar. Kehadiran siswa telah diakui secara luas melalui berbagai studi empiris sebagai indikator fundamental yang berkorelasi dengan capaian prestasi akademik, pembentukan karakter, dan tingkat kedisiplinan siswa [1]. Oleh karena itu, sistem presensi seharusnya tidak hanya dianggap sebagai formalitas pencatatan administratif, tetapi sebagai alat evaluasi yang penting. Sistem presensi yang baik harus dapat menghasilkan data yang valid, bersifat langsung, dan memiliki ketahanan tinggi terhadap berbagai usaha manipulasi. Sayangnya, metode tradisional yang masih bergantung pada pencatatan manual dengan kertas terbukti sangat tidak efektif. Metode pemanggilan nama satu per satu di dalam kelas memakan porsi waktu instruksional yang berharga, rentan terhadap kesalahan pencatatan manusia, dan memiliki potensi penyalahgunaan presensi, terutama terkait praktik kecurangan titip absen antar siswa [2].

Permasalahan ini juga terjadi di SMK Kristen Imanuel Laikit, di mana sistem presensi yang digunakan belum mampu memvalidasi kehadiran siswa secara akurat baik dari sisi identitas maupun lokasi kehadiran.



Pemanfaatan perangkat seluler pintar (smartphone) yang kini mendominasi demografi siswa di lingkungan sekolah semestinya dapat dioptimalkan sebagai instrumen pengawasan administratif yang efektif [3]. Namun, usaha peralihan dari cara presensi manual ke sistem presensi digital di berbagai lembaga sering kali meninggalkan celah eksploitasi yang signifikan. Penggunaan perangkat keras berbasis biometrik seperti pemindai sidik jari seringkali dihadapkan pada kendala infrastruktur, mulai dari biaya pemeliharaan yang membengkak, penumpukan antrian pada jam-jam sibuk, hingga sensitivitas sensor yang menurun [4]. Di sisi lain, digitalisasi yang hanya mengandalkan penggunaan Quick Response (QR) statis dimana kode dicetak secara tetap pada papan pengumuman sekolah atau kartu siswa malahan menimbulkan masalah baru. Kode statis ini sangat mudah difoto, disalin, dan disebarluaskan melalui berbagai aplikasi pesan instan, memungkinkan siswa untuk mengubah kehadiran mereka dari luar batas fisik sekolah.

Untuk mereduksi kelemahan arsitektur sistem tersebut, serangkaian penelitian terdahulu telah berupaya mengeksplorasi pemanfaatan teknologi autentikasi tingkat lanjut. Penelitian oleh Dharma dkk. (2025) memvalidasi bahwa adopsi QR Code pada sistem akademik mampu memangkas waktu proses presensi secara drastis dibandingkan pemindai biometrik, meskipun sistem tersebut masih menggunakan kode statis yang rentan terhadap pendistribusian ilegal [5]. Kerentanan fatal ini kemudian direspons oleh penelitian Irawan dkk. (2024) yang memelopori integrasi teknologi Quick Response Dinamis (Dynamic Quick Response) dalam manajemen otorisasi akses [6]. Quick Response (QR) Dinamis mengandalkan algoritma yang memicu pembaruan hash atau pola matriks kodenya setiap beberapa detik, sehingga mengurangi potensi penggunaan ulang kode QR melalui tangkapan layar (screenshot). Meskipun tingkat keamanan enkripsi kodenya meningkat pesat, penelitian tersebut masih memiliki keterbatasan, yaitu sistem tidak dapat memverifikasi atau melacak secara spasial dari koordinat mana pemindaian dilakukan oleh pengguna.

Pada ranah validasi lokasi geografis, penelitian Achtarudin dan Safitri (2024) mengajukan model presensi dengan mengimplementasikan teknologi Geofencing yang berbasis Location Based Service (LBS). [7] Sistem ini mengekstraksi data Global Positioning System (GPS) dari perangkat pengguna untuk memvalidasi radius area autentikasi. Algoritma ini memastikan bahwa presensi hanya akan dicatat sebagai valid apabila pengguna benar-benar berada di dalam poligon koordinat yang telah dipetakan secara digital. Namun, penerapan LBS tunggal tanpa lapisan keamanan tambahan ternyata masih mudah diserang, pengguna sering memanfaatkan kelemahan perangkat lunak dengan aplikasi manipulasi lokasi pihak ketiga (Fake GPS) untuk memalsukan posisi koordinat perangkat mereka [8]. Selain itu, penelitian Ikhwanudin dkk. (2024) berupaya memadukan teknologi pelacakan lokasi dan identifikasi digital berbasis QR Code, namun implementasinya belum mengakomodasi pengelolaan kedisiplinan secara otomatis, seperti validasi jam pulang, penguncian status kehadiran, maupun mekanisme eskalasi izin siswa [9].

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa integrasi Quick Response Dinamis dan algoritma Geofencing telah diterapkan dalam berbagai sistem presensi digital. Namun, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada autentikasi kehadiran dan validasi lokasi dasar, serta belum mengintegrasikan pengelolaan kedisiplinan otomatis, validasi token berbasis waktu, dan mekanisme eskalasi izin dalam satu sistem presensi terpadu. Dengan demikian, penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem presensi yang menggabungkan Quick Response (QR) Dinamis dan algoritma Geofencing dengan fitur pengelolaan kedisiplinan otomatis untuk meningkatkan validitas kehadiran siswa di SMK Kristen Imanuel Laikiti.

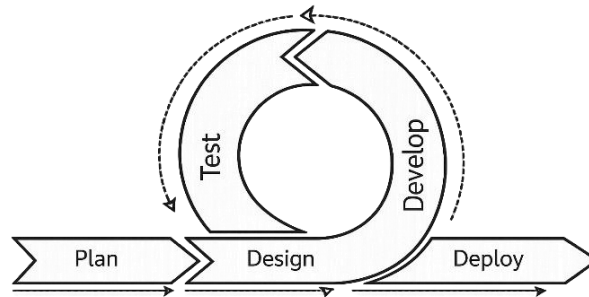
Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem presensi terpadu yang menerapkan mekanisme autentikasi ganda, yaitu validasi token Quick Response (QR) Dinamis berbasis waktu dan validasi lokasi menggunakan algoritma Geofencing. Proses presensi hanya dapat dilakukan apabila token masih aktif dan lokasi perangkat pengguna berada di dalam radius sekolah yang telah ditentukan. Selain itu, sistem juga mengintegrasikan fitur validasi waktu kehadiran, otomatisasi status alpa pada sesi pulang, serta mekanisme eskalasi izin dari guru kepada guru piket secara otomatis. Melalui pendekatan tersebut, penelitian ini tidak hanya berfokus pada validasi kehadiran berbasis lokasi dan token autentikasi, tetapi juga berkontribusi pada pengembangan mekanisme pengelolaan kedisiplinan otomatis yang terintegrasi dalam satu sistem presensi terpadu. Kontribusi ini diharapkan dapat memperkuat validitas data kehadiran, meningkatkan efisiensi administrasi sekolah, serta meminimalkan potensi manipulasi presensi pada lingkungan pendidikan berbasis digital.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Pengembangan sistem presensi terpadu pada penelitian ini mengadopsi metodologi Agile karena dinilai mampu mendukung kebutuhan adaptabilitas yang tinggi dalam pengembangan perangkat lunak modern. Pendekatan ini dipilih mengingat sistem yang dikembangkan memiliki beberapa mekanisme terintegrasi, seperti autentikasi Quick Response (QR) Dinamis, validasi lokasi berbasis Geofencing, pengelolaan izin digital, serta sinkronisasi data presensi secara real-time yang memerlukan proses pengembangan dan evaluasi secara bertahap. Dibandingkan model pengembangan linear tradisional, metode Agile lebih fleksibilitas terhadap perubahan kebutuhan sistem, serta memungkinkan pengembang melakukan penyempurnaan fitur secara berkelanjutan berdasarkan hasil evaluasi pada setiap tahapan pengembangan. Melalui pendekatan Agile, setiap modul sistem dikembangkan dan

diuji secara bertahap sehingga integrasi antarfitur dapat dilakukan secara lebih terstruktur dan terkontrol. Siklus Agile yang diterapkan dalam penelitian ini mencakup lima tahapan utama, yaitu perencanaan (Plan), perancangan (Design), pengembangan (Develop), pengujian (Test), dan penerapan (Deploy) [10]. Alur tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1 dan dikembangkan menggunakan metode Agile.



Gambar 1. Tahapan Penelitian Agile

Berdasarkan Gambar 1, tahap pertama adalah perencanaan (Plan), yaitu proses identifikasi masalah presensi di SMK Kristen Imanuel Laikit. Selain itu, dilakukan identifikasi terhadap kebutuhan sistem berupa autentikasi QR Dinamis, validasi lokasi berbasis Geofencing, validasi waktu kehadiran, dan mekanisme eskalasi izin siswa.

Tahap kedua adalah perancangan (Design), sistem dirancang berdasarkan hasil analisis kebutuhan yang telah dikumpulkan. Fase ini meliputi pemodelan alur proses, serta desain antarmuka pengguna menggunakan framework React dan NextJS. Pada tahap ini diterapkan konsep Quick Response Dinamis yang bekerja menggunakan token berbasis waktu dan string acak yang diperbarui secara berkala [11]. Mekanisme pembaruan token dilakukan setiap beberapa detik sehingga kode QR yang dihasilkan memiliki masa aktif terbatas dan tidak dapat digunakan kembali setelah waktu tertentu. Pendekatan ini diterapkan untuk mengurangi risiko penyalahgunaan kode QR melalui penyebaran hasil foto kode QR dan memberikan kode QR kepada siswa lain. Selain autentikasi QR Dinamis, implementasi algoritma Geofencing menggunakan algoritma Haversine karena kemampuannya menghitung jarak terpendek dari dua titik koordinat pada permukaan bumi secara efisien dengan memperhitungkan kelengkungan bumi [12]. Perhitungan jarak aktual (d) dalam sistem dieksekusi melalui persamaan berikut:

$$d = 2r \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\Delta\phi}{2} \right) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \sin^2 \left(\frac{\Delta\lambda}{2} \right)} \right) \quad (1)$$

Dalam persamaan tersebut, d merupakan jarak aktual antara posisi ponsel siswa dengan lokasi sekolah, dan r adalah konstanta jari-jari rata-rata bumi sebesar 6.371 kilometer. Variabel ϕ_1 adalah latitude titik pusat SMK Kristen Imanuel Laikit yang tersimpan pada basis data, sedangkan ϕ_2 adalah latitude perangkat siswa saat koordinat diekstraksi. Adapun $\Delta\phi$ dan $\Delta\lambda$ masing-masing merupakan selisih nilai latitude ($\phi_2 - \phi_1$) dan longitude ($\lambda_2 - \lambda_1$) yang telah dikonversi ke dalam satuan radian. Pada perancangan ini, rumus matematika Haversine diintegrasikan secara ketat dengan kondisi batas toleransi. Setelah backend mengkalkulasi jarak aktual (d), sistem akan mengeksekusi validasi logika: presensi akan diizinkan apabila jarak d lebih kecil atau sama dengan batas radius sekolah yang ditetapkan [13]. Sebaliknya, apabila d melampaui batas toleransi radius, sistem secara otomatis tidak mengizinkan proses presensi dan memberikan peringatan di layar ponsel bahwa siswa terdeteksi berada di luar area SMK Kristen Imanuel Laikit.

Integrasi Quick Response Dinamis dan algoritma Geofencing dengan toleransi radius diterapkan sebagai mekanisme autentikasi ganda untuk meningkatkan validitas kehadiran sekaligus meminimalkan dampak drift koordinat GPS. Token QR Dinamis yang memiliki masa aktif terbatas memungkinkan sistem menerapkan toleransi radius yang lebih fleksibel tanpa menurunkan tingkat keamanan presensi. Dengan demikian, siswa tetap diwajibkan hadir secara fisik di lingkungan sekolah untuk melakukan pemindaian kode yang aktif secara langsung sehingga potensi manipulasi lokasi maupun penyalahgunaan kode presensi dapat diminimalkan [14].

Tahap ketiga adalah pengembangan (Develop), yaitu implementasi seluruh rancangan sistem ke dalam bentuk perangkat lunak berbasis web. Antarmuka sistem dikembangkan menggunakan React dan Next.js untuk menghasilkan tampilan responsif pada perangkat seluler, sedangkan NestJS digunakan pada sisi backend untuk mengelola autentikasi pengguna, sinkronisasi token QR Dinamis, pengolahan data presensi, dan validasi Geofencing. Seluruh data presensi disimpan dan dikelola menggunakan basis data SQL agar proses pengelolaan data dapat berjalan secara terstruktur dan terintegrasi [15].

Tahap berikutnya adalah pengujian (Test). Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode Black Box Testing untuk mengevaluasi kesesuaian fungsi sistem terhadap kebutuhan pengguna tanpa melihat struktur internal kode program [16].

Tahap terakhir adalah penerapan (Deploy), yaitu implementasi sistem pada lingkungan peladen uji (staging server) berbasis HTTPS sebelum diterapkan pada lingkungan operasional sekolah. Tahap ini dilakukan untuk menguji stabilitas sistem pada perangkat seluler siswa secara langsung serta memastikan integrasi antara QR

Dinamis, algoritma Geofencing, dan validasi waktu presensi berjalan sesuai dengan kebutuhan sistem [17]. Melalui tahapan tersebut, sistem diharapkan mampu meningkatkan validitas data kehadiran, mengurangi potensi manipulasi presensi, serta mendukung pengelolaan administrasi akademik yang lebih efektif dan terintegrasi.

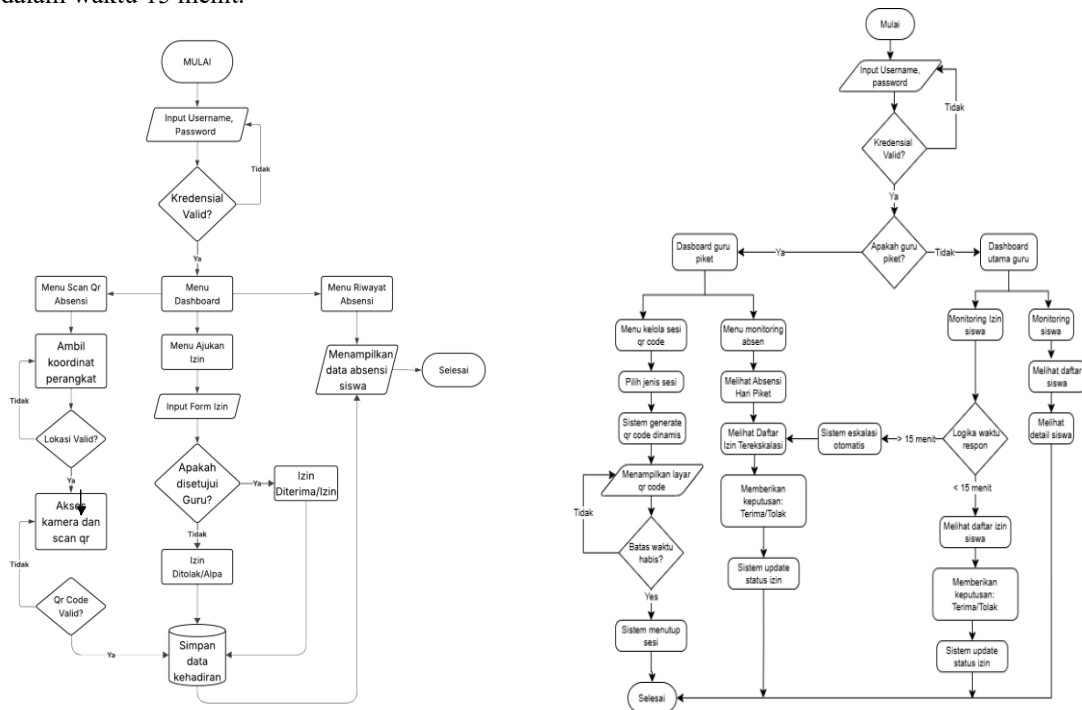
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem dilakukan sebagai proses transformasi kebutuhan fungsional dan mekanisme keamanan ke dalam bentuk arsitektur teknis yang terstruktur [18]. Perancangan ini mencakup pemodelan alur proses presensi, integrasi autentikasi Quick Response (QR) Dinamis dan Geofencing, pengelolaan hak akses pengguna, serta sinkronisasi data presensi berbasis client-server. Tahap ini menjadi bagian penting dalam pengembangan sistem karena seluruh kebutuhan operasional, validasi keamanan, dan mekanisme otomatisasi harus diterjemahkan ke dalam model sistem yang terorganisasi sebelum diimplementasikan ke dalam perangkat lunak.

3.1.1 Flowchart

Flowchart digunakan untuk memodelkan alur kerja sistem presensi terpadu pada sisi siswa dan guru sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Pada sisi siswa (a), proses diawali dengan autentikasi akun, dilanjutkan dengan validasi lokasi berbasis Geofencing menggunakan algoritma Haversine untuk menghitung jarak aktual antara posisi perangkat dan titik pusat sekolah. Apabila perangkat berada di luar batas radius yang ditentukan, sistem akan menolak presensi dan memblokir akses kamera. Sebaliknya, jika lokasi valid, sistem mengaktifkan kamera untuk memindai Quick Response (QR) Dinamis. Backend kemudian memvalidasi masa aktif token QR untuk mencegah penyalahgunaan kode melalui tangkapan layar maupun distribusi QR. Setelah validasi berhasil, presensi dinyatakan sah dan data kehadiran otomatis disimpan. Selain itu, siswa juga difasilitasi dengan fitur pengajuan izin digital, sedangkan pada sisi guru (b) diterapkan kontrol akses berbasis peran, di mana guru piket memiliki kewenangan membuka sesi QR Dinamis serta menangani eskalasi otomatis pengajuan izin apabila tidak direspons guru dalam waktu 15 menit.

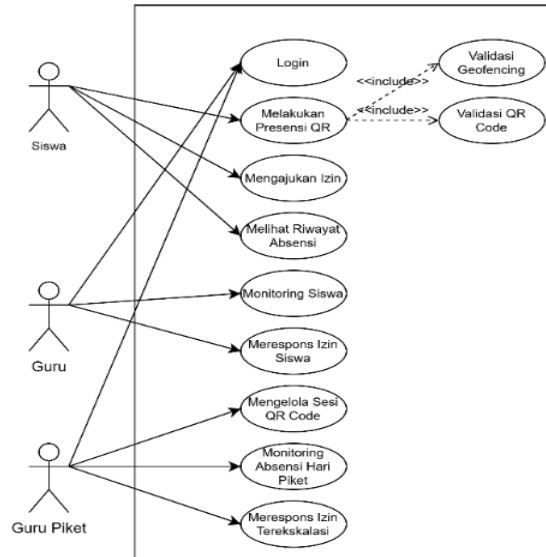


Gambar 2. Flowchart siswa (a) dan guru (b)

3.1.2 Use Case Diagram

Sistem melibatkan tiga aktor utama, yaitu siswa, guru, dan guru piket yang masing-masing memiliki hak akses berbeda sesuai hierarki operasional sekolah. Siswa dapat melakukan presensi harian melalui validasi Geofencing dan Quick Response (QR) Dinamis, mengajukan izin ketidakhadiran, serta melihat riwayat absensi secara mandiri. Guru memiliki kewenangan untuk memantau data kehadiran siswa dan memberikan persetujuan izin, sedangkan guru piket bertindak sebagai pengendali utama sesi presensi dengan hak akses untuk mengelola QR Dinamis, memonitor absensi harian secara menyeluruh, serta menangani pengajuan izin yang dieskalasi otomatis akibat keterlambatan respons guru. Struktur interaksi ini dirancang untuk memastikan proses validasi kehadiran,

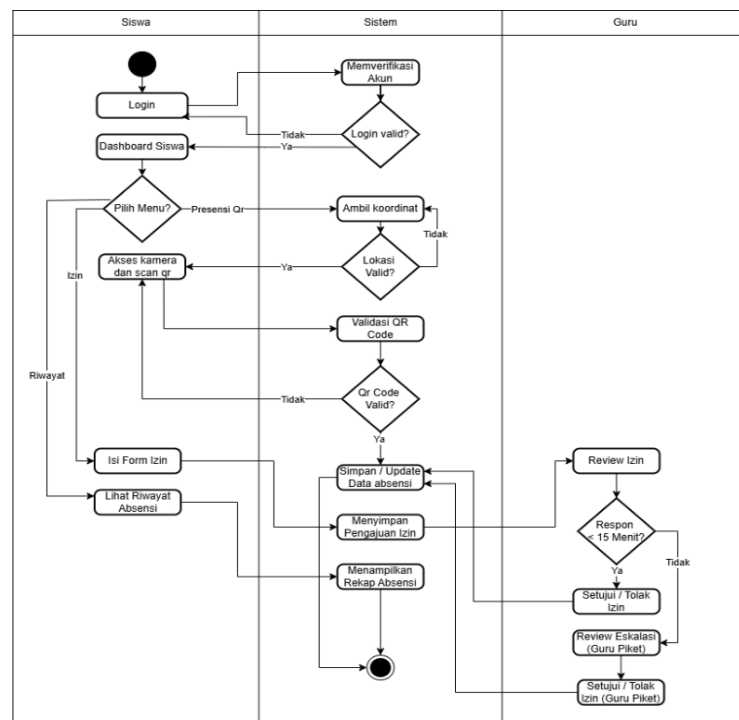
pengelolaan administrasi, dan pengendalian akses sistem dapat berjalan secara terintegrasi, aman, dan sesuai dengan kebutuhan operasional di SMK Kristen Imanuel Laikit.



Gambar 3. Use Case Diagram

3.1.3 Activity Diagram

Activity Diagram digunakan untuk memodelkan alur operasional sistem presensi terpadu melalui interaksi antara entitas Siswa, Sistem, dan Guru sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Proses presensi diawali dengan autentikasi akun, kemudian sistem mengekstraksi koordinat perangkat untuk divalidasi menggunakan algoritma Haversine pada mekanisme Geofencing. Sistem hanya mengaktifkan akses kamera apabila hasil perhitungan menunjukkan bahwa posisi siswa berada di dalam batas toleransi radius sekolah. Setelah proses pemindaian dilakukan, backend memvalidasi token Quick Response (QR) Dinamis secara real-time dengan memeriksa kesesuaian sesi dan masa aktif token guna mencegah penyalahgunaan kode melalui tangkapan layar maupun distribusi QR kepada pihak lain. Selain proses presensi, diagram ini juga memodelkan mekanisme pengajuan izin digital dan eskalasi otomatis, di mana pengajuan siswa akan dialihkan kepada guru piket apabila tidak mendapatkan respons guru dalam waktu 15 menit. Seluruh hasil validasi dan keputusan sistem selanjutnya disinkronkan ke basis data untuk memperbarui status kehadiran siswa secara otomatis dan terintegrasi.

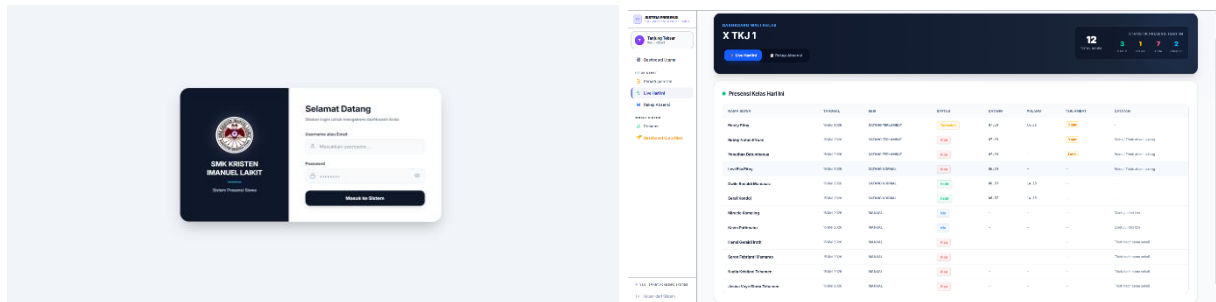


Gambar 4. Activity Diagram

3.2 Implementasi

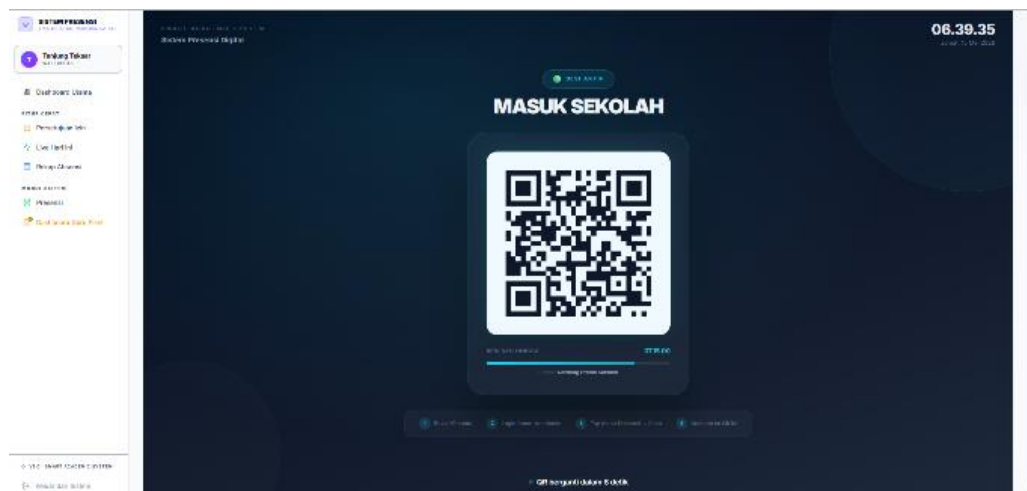
Implementasi sistem merupakan tahap penerapan hasil perancangan arsitektur dan pemodelan logika ke dalam perangkat lunak operasional yang terintegrasi [18]. Sistem dikembangkan menggunakan pendekatan client-server untuk memisahkan proses antarmuka pengguna dan pengolahan data backend sehingga meningkatkan skalabilitas, keamanan, dan kemudahan pengelolaan sistem. Pada sisi frontend, React dan Next.js digunakan untuk membangun antarmuka yang responsif serta mendukung komunikasi data secara real-time, sedangkan backend dikembangkan menggunakan NestJS yang berfungsi sebagai pusat pengelolaan autentikasi, validasi presensi, sinkronisasi token Quick Response (QR) Dinamis, dan pemrosesan Geofencing melalui API. Penerapan komunikasi berbasis API ini bertujuan untuk memastikan pertukaran data antara frontend dan backend berjalan secara cepat, stabil, dan ringan, khususnya saat memproses sinkronisasi token presensi dan validasi koordinat lokasi [19].

Setelah pengguna melakukan autentikasi melalui halaman login sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5, frontend akan mengirimkan request autentikasi ke backend melalui mekanisme Application Programming Interface (API). Backend yang dikembangkan menggunakan NestJS bertugas melakukan validasi kredensial pengguna dengan mencocokkan data akun yang tersimpan pada basis data SQL, kemudian membentuk sesi autentikasi untuk menjaga keamanan akses sistem. Pada tahap ini, sistem juga menerapkan pengendalian hak akses berdasarkan peran pengguna sehingga setiap akun hanya dapat mengakses fitur sesuai otoritasnya, seperti siswa, guru, maupun guru piket. Setelah proses autentikasi berhasil, sistem secara otomatis mengarahkan pengguna ke dashboard sesuai hak akses masing-masing sehingga kontrol akses dan pengelolaan data dapat berjalan secara aman dan terintegrasi.



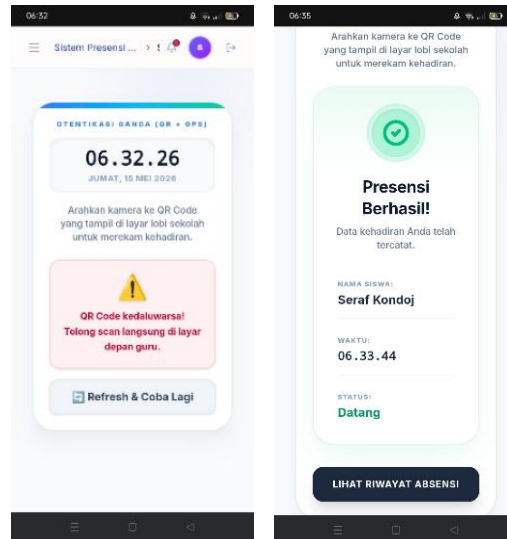
Gambar 5. Halaman Login dan Halaman dashboard

Pada Gambar 6, implementasi Quick Response (QR) Dinamis diterapkan sebagai mekanisme autentikasi adaptif untuk meningkatkan validitas presensi dan mengurangi potensi penyalahgunaan kode QR pada proses kehadiran siswa. Sistem menghasilkan token QR secara dinamis melalui backend menggunakan kombinasi session ID, timestamp, random string, dan expired duration yang dibangkitkan secara otomatis pada setiap sesi presensi aktif. Kombinasi parameter tersebut digunakan untuk memastikan bahwa setiap token memiliki identitas unik dan masa aktif yang terbatas sehingga tidak dapat digunakan kembali pada sesi yang berbeda. Proses regenerasi token dilakukan secara berkala setiap 10 detik melalui scheduler service pada backend. Ketika token baru dihasilkan, token sebelumnya akan otomatis dinyatakan tidak valid pada sistem. Mekanisme ini diterapkan untuk meminimalkan risiko penggunaan ulang kode QR melalui tangkapan layar maupun distribusi kode kepada pengguna lain di luar sesi presensi aktif. Selain itu, sinkronisasi token antara frontend dan backend dilakukan secara real-time melalui mekanisme polling API sehingga frontend selalu menerima pembaruan token terbaru sesuai status sesi presensi yang sedang berjalan.



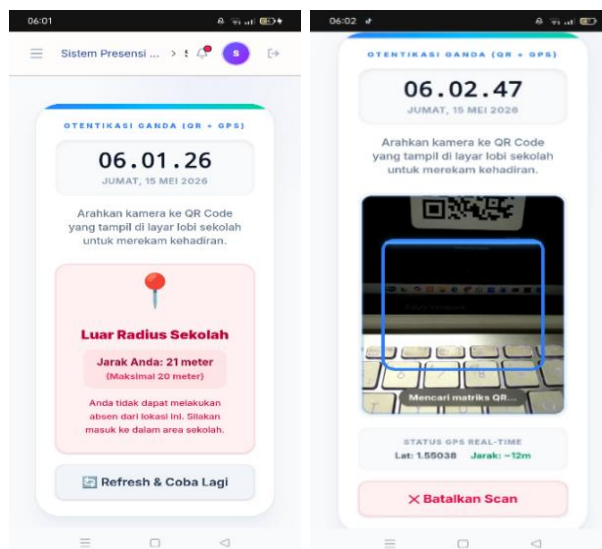
Gambar 6. Tampilan Quick Response Dinamis

Pada tahap validasi, backend melakukan pemeriksaan terhadap kesesuaian token, status sesi presensi, serta masa aktif QR secara real-time sebelum data kehadiran disimpan ke basis data. Sistem secara otomatis menolak proses autentikasi apabila token terdeteksi telah kedaluwarsa, tidak sesuai dengan sesi aktif, atau berasal dari hasil tangkapan layar yang digunakan kembali. Mekanisme ini diterapkan untuk meminimalkan manipulasi presensi melalui replay request maupun distribusi QR Dinamis. Sebaliknya, apabila token dinyatakan valid, sistem akan langsung mencatat data kehadiran beserta timestamp secara otomatis dan terintegrasi. Hasil implementasi validasi tersebut ditunjukkan melalui kondisi gagal pemindaian QR pada Gambar 7(a) dan keberhasilan presensi pada Gambar 7(b).



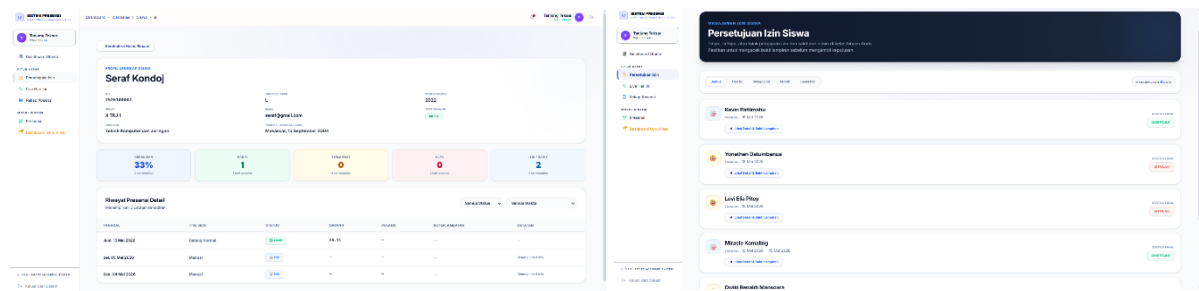
Gambar 7.(a) Halaman Gagal Scan QR dan (b)Berhasil Scan QR

Implementasi Geofencing diterapkan sebagai mekanisme validasi lokasi untuk memastikan proses presensi hanya dapat dilakukan di dalam area sekolah yang telah ditentukan. Proses validasi diawali ketika frontend mengambil koordinat Global Positioning System (GPS) perangkat siswa berupa latitude dan longitude, kemudian mengirimkannya ke backend. Backend selanjutnya menghitung jarak aktual antara posisi perangkat dan titik pusat sekolah menggunakan algoritma Haversine dengan menghitung selisih koordinat latitude dan longitude untuk memperoleh nilai jarak aktual. Hasil perhitungan tersebut kemudian dibandingkan dengan batas toleransi radius presensi sebesar 20 meter yang diterapkan. Apabila jarak aktual melebihi radius yang ditentukan, sistem secara otomatis menolak proses presensi dan memblokir akses kamera sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8 (a). Sebaliknya, apabila hasil validasi menunjukkan posisi pengguna berada di dalam radius yang sah, sistem akan mengaktifkan fitur pemindaian Quick Response (QR) Dinamis sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8(b). Mekanisme ini dirancang untuk mengurangi potensi spoofing lokasi dan memvalidasi agar proses presensi hanya dapat dilakukan secara fisik di lingkungan sekolah.



Gambar 8. (a) Penolakan Akses di Luar Radius dan (b) Aktivasi Kamera Pemindai pada Jarak aman

Implementasi modul riwayat presensi dan manajemen izin dikembangkan sebagai bagian dari sinkronisasi data presensi berbasis client-server untuk memastikan seluruh aktivitas kehadiran tersimpan, tervalidasi, dan terdistribusi secara terintegrasi. Pada halaman riwayat presensi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 9 (a), backend secara otomatis melakukan agregasi data hasil validasi Quick Response (QR) Dinamis, Geofencing, serta validasi waktu presensi untuk menghasilkan rekapitulasi status hadir, terlambat, izin, dan alpa secara real-time. Setiap data kehadiran yang berhasil tervalidasi akan langsung disinkronkan ke basis data beserta informasi timestamp, identitas pengguna, dan status sesi presensi sehingga riwayat kehadiran dapat dipantau secara konsisten oleh pengguna maupun pihak sekolah. Sementara itu, pada halaman persetujuan izin pada Gambar 9 (b), sistem menerapkan mekanisme pengendalian hak akses dan alur persetujuan berbasis peran untuk memastikan setiap pengajuan izin diproses sesuai struktur operasional sekolah. Pengajuan izin yang dikirim siswa akan divalidasi berdasarkan sesi autentikasi aktif serta hak akses guru dan guru piket sebelum status kehadiran diperbarui pada basis data. Selain itu, sistem juga mengimplementasikan eskalasi otomatis apabila pengajuan tidak memperoleh respons oleh guru dalam batas waktu 15 menit.



Gambar 9. (a) Halaman Riwayat Presensi dan (b) Halaman Persetujuan Izin

3.3. Pengujian

Tahapan pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fungsi sistem presensi berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional dan mekanisme keamanan yang telah dirancang [20]. Pengujian menggunakan pendekatan Black Box untuk mengevaluasi proses autentikasi, validasi lokasi berbasis Geofencing, sinkronisasi token Quick Response (QR) Dinamis, pengendalian hak akses, serta mekanisme pengelolaan izin digital tanpa mengakses struktur internal source code. Pengujian difokuskan pada mekanisme autentikasi ganda melalui validasi token QR Dinamis berbasis waktu dan validasi lokasi menggunakan algoritma Haversine pada fitur Geofencing. Selain menguji keberhasilan proses presensi, pengujian juga dilakukan terhadap berbagai kondisi invalid seperti penggunaan token yang telah kedaluwarsa, request tanpa sesi autentikasi aktif, serta akses pengguna yang tidak sesuai dengan hak akses sistem. Pendekatan ini dilakukan untuk memastikan bahwa backend tidak hanya mampu menjalankan fungsi operasional sistem, tetapi juga mampu menjaga konsistensi validasi keamanan dan integritas data presensi pada berbagai kondisi penggunaan. Hasil pengujian keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Pengujian Sistem

No	Pengujian	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Keterangan
1	Autentikasi Sistem	Pengguna memasukkan username dan password yang valid pada halaman login	Sistem mengautentikasi pengguna, menyimpan token sesi, dan mengarahkan ke halaman sesuai hak akses pengguna.	Berhasil
2	Validasi Radius dan Geofencing	Siswa melakukan request pemindaian presensi di mana titik koordinat GPS perangkat berada di luar parameter radius 20 meter keamanan SMK Kristen Imanuel Laikit.	Backend menghitung jarak koordinat menggunakan algoritma Haversine dan menolak request presensi apabila posisi perangkat berada di luar radius validasi yang ditentukan.	Berhasil
3	Regenerasi Quick Response (QR) Dinamis	Guru piket membuka sesi presensi dan sistem memperbarui Quick Response (QR) setiap 10 detik	Sistem menghasilkan token Quick Response (QR) baru setiap interval tertentu dan Quick Response (QR) sebelumnya otomatis tidak berlaku.	Berhasil
4	Validasi Token Quick Response (QR)	Request presensi dikirim menggunakan token Quick Response (QR) yang telah melewati masa aktif atau telah digunakan sebelumnya.	Backend menolak autentikasi presensi dan tidak menyimpan data kehadiran	Berhasil



No	Pengujian	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Keterangan
5	Validasi Sesi Autentikasi	Request presensi dikirim tanpa sesi login aktif	Sistem memverifikasi status autentikasi pengguna dan menolak proses presensi.	Berhasil
6	Pengendalian Hak Akses	Akun siswa mencoba mengakses halaman guru	Sistem memverifikasi hak akses pengguna dan menolak akses yang tidak sesuai	Berhasil
7	Eskalasi Izin Otomatis	Guru tidak memberikan keputusan pengajuan izin selama lebih dari 15 menit.	Sistem secara otomatis meneruskan (eskalasi) hak persetujuan izin tersebut ke halaman guru piket.	Berhasil
8	Persetujuan Izin Manual	Guru memberikan keputusan setuju atau tolak sebelum batas waktu eskalasi 15 menit.	Sistem langsung memperbarui status kehadiran siswa pada database tanpa melakukan eskalasi ke halaman guru piket.	Berhasil
9	Otomatisasi Status Alpa	Siswa tidak melakukan presensi pulang pada rentang waktu 14:15 hingga 14:45 tanpa izin.	Sistem secara otomatis mengubah status akhir kehadiran siswa menjadi "Alpa" setelah pukul 14:45.	Berhasil

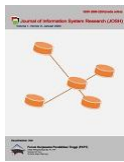
Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian pada Tabel 2, seluruh fungsi utama sistem berhasil berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah dirancang, meliputi autentikasi pengguna, validasi lokasi berbasis Geofencing, validasi token Quick Response (QR) Dinamis, pengendalian hak akses, serta otomatisasi pengelolaan izin dan status kehadiran. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi autentikasi berbasis token yang diregenerasi secara berkala dan validasi lokasi menggunakan algoritma Haversine mampu membentuk mekanisme verifikasi kehadiran yang lebih kuat karena identitas pengguna dan lokasi presensi divalidasi secara bersamaan. Keberhasilan sistem dalam menolak token yang telah kedaluwarsa serta membatasi presensi di luar radius sekolah mengindikasikan bahwa mekanisme keamanan yang diterapkan efektif dalam mengurangi peluang manipulasi presensi melalui penggunaan ulang kode maupun akses dari lokasi yang tidak sah.

3.3 Pembahasan

Dari hasil penelitian, temuan ini sejalan dengan penelitian Dharma dkk. (2025) [5] yang menunjukkan efektivitas penggunaan QR Code dalam proses presensi digital, namun penelitian ini memperluas penerapannya melalui penggunaan QR Dinamis berbasis waktu untuk meningkatkan keamanan autentikasi. Hasil penelitian ini juga melengkapi penelitian Irawan dkk. (2024) [6] yang berfokus pada keamanan QR, dengan menambahkan validasi lokasi secara langsung melalui Geofencing. Selain itu, dibandingkan penelitian Achtarudin dan Safitri (2024) [7] serta Ikhwanudin dkk. (2024) [9] yang menitikberatkan pada validasi lokasi dan identifikasi digital, sistem yang dikembangkan mengintegrasikan mekanisme kedisiplinan otomatis seperti eskalasi izin dan pembaruan status alpa. Dengan demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi QR Dinamis, Geofencing, dan mekanisme otomatisasi kedisiplinan dapat meningkatkan validitas data kehadiran sekaligus mendukung pengelolaan administrasi akademik yang lebih efektif dan terstruktur di lingkungan sekolah.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan implementasi sistem presensi terpadu berbasis Quick Response (QR) Dinamis dan Geofencing pada SMK Kristen Imanuel Laikit dengan mengadopsi pendekatan Agile serta arsitektur client-server sebagai fondasi pengembangan sistem. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu mengeksekusi algoritma Haversine dengan toleransi radius 20 meter serta melakukan regenerasi token QR setiap 10 detik. Selain itu, sistem mampu menjaga konsistensi proses validasi kehadiran serta mendukung pengelolaan data kehadiran yang lebih terstruktur, efisien, dan mudah dipantau oleh pihak sekolah. Implementasi ini menunjukkan bahwa integrasi mekanisme autentikasi berbasis QR Dinamis dan validasi lokasi berbasis Geofencing dapat diterapkan secara efektif dalam mendukung sistem presensi digital yang adaptif terhadap kebutuhan operasional. Kontribusi penelitian ini terletak pada mekanisme autentikasi QR Dinamis berbasis waktu, validasi lokasi menggunakan algoritma Haversine, serta pengelolaan kedisiplinan otomatis ke dalam satu sistem presensi terpadu. Integrasi tersebut tidak hanya berfungsi untuk memvalidasi kehadiran pengguna secara lebih aman, tetapi juga mampu mendukung otomatisasi administrasi sekolah melalui fitur validasi waktu presensi, eskalasi izin otomatis, dan pengendalian hak akses secara terstruktur. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya berorientasi pada pencatatan kehadiran digital, tetapi juga mendukung penguatan tata kelola administrasi akademik yang lebih transparan, terintegrasi, dan adaptif terhadap kebutuhan operasional sekolah. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan menunjukkan kinerja yang fungsional dan layak untuk diterapkan sebagai solusi presensi berbasis teknologi di SMK Kristen Imanuel Laikit. Keberhasilan implementasi ini memberikan dasar yang kuat bagi pengembangan sistem presensi yang lebih canggih dan komprehensif di masa mendatang serta relevan untuk diterapkan pada lingkungan pendidikan dengan kebutuhan serupa secara berkelanjutan.



REFERENCES

- [1] B. Yoga, A. Koswara, M. Limbong, and H. Sihotang, “Pemanfaatan Sistem Absensi Digital Terhadap Kedisiplinan Siswa : Studi Literatur dengan Pendekatan SPIDER,” *Cetta J. Ilmu Pendidik.* Vol., vol. 9, no. 2, pp. 62–72, 2026, doi: <https://doi.org/10.37329/cetta.v9i2.5326>.
- [2] M. A. Al Yaman, M. Taufiq, S. Fitri, and U. Al Faruq, “Transformasi Presensi Manual ke Digital dalam Upaya Peningkatan untuk Kualitas Dokumentasi Pembelajaran Universitas Mayasari Bakti , Indonesia,” *Merkurius J. Ris. Sist. Inf. dan Tek. Inform.*, vol. 3, no. 4, pp. 300–309, 2025, doi: <https://doi.org/10.61132/merkurius.v3i4.984>.
- [3] Azka Maliya, Firman Jaya, and Arico Ayani Suparto, “Implementasi Sistem Absensi Menggunakan Qr Code Dan Google Spreadsheet Untuk Meningkatkan Efektifitas Pencatatan Kehadiran Siswa Kelas X Tkj Di Smk Farida Adz-Dzikraa,” *J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 3, pp. 13–21, 2025, doi: 10.55606/teknik.v5i3.7701.
- [4] N. Fitriyana and M. Clara Dewanti, “Analisis Efektivitas Sistem Absensi Fingerprint Dalam Meningkatkan Akurasi Kehadiran Karyawan Di CV Mekar Jaya Sentosa,” *J. Pendidikan, Sos. dan Hum.*, vol. 4, no. 2, pp. 2351–2359, 2025, doi: <https://doi.org/10.56799/peshum.v4i2.7211>.
- [5] I. M. Y. Dharma, A. Adil, I. P. Hariyadi, M. Husaeri, and M. W. Alfiansyah, “Sistem Informasi Presensi Siswa Berbasis Qr Code Dengan Aplikasi Mobile Terintegrasi,” *J. Inf. Syst. Informatics Comput.*, vol. 9, no. 2, pp. 468–483, 2025, doi: 10.52362/jisicom.v9i2.2223.
- [6] A. I. Irawan, I. H. Santoso, and M. Rahayu, “Implementasi Sistem Keamanan Presensi Berbasis Kode QR Menggunakan Algoritma RSA dan Hash,” *J. Nas. Tek. ELEKTRO DAN Teknol. Inf.*, vol. 13, no. 1, pp. 53–59, 2024, doi: 10.22146/jnteti.v13i1.4395.
- [7] A. Achtarudin and M. Safitri, “Aplikasi Presensi Karyawan Menggunakan Metode Location Based Service Berbasis Web Pada PT Izzo Cipta Indonesia,” *Reputasi J. Rekayasa Perangkat Lunak*, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, 2024, doi: 10.31294/reputasi.v5i1.2851.
- [8] Hanafi, *Dasar cyber security dan forensic*, 1st ed. Yogyakarta: Deepublish, 2022.
- [9] M. K. Ikhwanudin, Sopingi, and Agustina srirahyu, “Pemodelan Sistem Absensi Karyawan Di PT Egref Telematika Menggunakan Teknologi QR Dan GPS,” *JEKIN - J. Tek. Inform.*, vol. 4, no. 3, pp. 600–609, 2024, doi: 10.58794/jekin.v4i3.868.
- [10] M. Y. D. Ilyas, A. G. Safitri, and R. Febriani, “Pengembangan Sistem Informasi Presensi Siswa Berbasis Web dengan Metode Agile Software Development di SMP Plus Babussalam,” *Cerdika J. Ilm. Indones.*, vol. 5, no. 11, pp. 2474–2492, 2025, doi: 10.59141/cerdika.v5i11.2812.
- [11] E. S. Imperia Prestise Sinaga, “Aplikasi Absensi Perkuliahan Menggunakan QR Code Dinamis Dan Metode Geofence Berbasis Android,” *J. Comput. Sci. Inf. Technol. (CoSciTech)*, vol. 5, no. 1, pp. 1–9, 2024, doi: <https://doi.org/10.37859/coscitech.v5i1.6947>.
- [12] S. P. Edy Suranta G.S, “Perancangan Sistem Informasi Geografis Pariwisata Pasaman Barat Berbasis Android Menggunakan Metode Haversine,” *J. Komput. Terap.*, vol. 7, no. 2, pp. 240–250, 2021, doi: 10.35143/jkt.v7i2.4876.
- [13] G. I. Swari, N. C. Wibowo, and A. S. Fitri, “Sistem Informasi Kehadiran Satpam Berbasis Website Dengan Geotagging Dan Algoritma Haversine,” *J. Inf. Syst. Manag.*, vol. 7, no. 1, pp. 57–65, 2025, doi: 10.24076/joism.2025v7i1.2086.
- [14] M. T. Ni Nyoman Supuwiningsih, Dr. Muhammad Rusli, *Sistem Informasi Geografis: Konsep Dasar & Implementasi*, 1st ed. Yogyakarta: ANDI, 2020.
- [15] P. F. Rizki, S. W. Mafriza, and S. Suhardi, “Sistem Absensi Terintegrasi Dengan Sistem Penggajian Lembur Pegawai Di Basarnas Medan Berbasis Web,” *J. Ilmu Komput. dan Bisnis*, vol. 14, no. 2, pp. 140–149, 2023, doi: 10.47927/jikb.v14i2.506.
- [16] A. Jailani and M. A. Yaqin, “Pengujian Aplikasi Sistem Informasi Akademik menggunakan Metode Blackbox dengan Teknik Boundary Value Analysis,” *J. Autom. Comput. Inf. Syst.*, vol. 4, no. 2, pp. 60–66, 2024, doi: 10.47134/jacis.v4i2.78.
- [17] Bagus Sudirman, Jarot Dian Susatyono, and Muhammad Nazir Azhari, “Implementasi Geofencing pada Sistem Presensi Siswa dengan Verifikasi Lokasi Secara Real-Time: Studi Kasus SMK Islamic Center Baiturrahman,” *J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 2, pp. 24–35, 2025, doi: 10.55606/teknik.v5i2.7131.
- [18] B. Pusat, S. Kota, D. Octavia, R. Rahman, M. M. Putri, and A. Sisilia, “Sistem Informasi Pelaporan Pendataan Lapangan Berbasis Web Badan Pusat Statistik Kota Kendari,” *J. Teknol. dan Ilmu Komput.*, vol. 01, no. 03, pp. 113–119, 2025, [Online]. Available: <https://jurnal.nolsatu.co.id/jutekom>
- [19] A. Yoga Pratama, J. Alfa Razaq, J. Tri Lomba Juang No, K. Semarang Selatan, K. Semarang, and J. Tengah, “Integrasi Sistem Informasi Akademik dan Moodle Menggunakan REST API,” *J. Manaj. Inform. Sist. Inf.*, vol. 6, no. 1, pp. 26–38, 2023, doi: 10.36595/misi.v5i2.
- [20] T. Hayuningrum and P. Nerisafitri, “Pengujian Sistem Absensi SMPN 2 Parang Menggunakan Metode Black Box Testing,” *J. Informatics Comput. Sci.*, vol. 07, pp. 178–184, 2025, [Online]. Available: <https://www.lambdatest.com/resources/images/testing-in->