

Model Validasi Lokasi Multi-Lapisan Berbasis QR Code dan Geotagging pada Sistem Perjalanan Dinas *Mobile*

Setiya Purnawan¹, Gede Sukadarmika^{2*}, Ngurah Indra ER³

[Submission: 06-06-2026, Accepted: 30-06-2026]

Abstract— Location validation in mobile official travel systems remains challenging because single-factor approaches are vulnerable to location manipulation. This study proposes a multi-layer validation model that integrates *geotagging*, *timestamp* recording, *mock location* detection, and QR Code-based final-state verification into a unified framework. The model was implemented in the *ePerjadin mobile* application within the BMKG environment and evaluated through functional suitability, security, and performance efficiency testing. The evaluation results show that all system functions operated successfully with a 100% success rate while effectively detecting location-spoofing attempts. Performance testing indicated an average GPS acquisition time of 4.03 seconds, QR Code generation time of 2.39 seconds, and QR scanning time of 0.11 seconds. These results demonstrate that the proposed model enhances the reliability, security, and accountability of mobile-based official travel verification without imposing significant performance overhead. However, the current implementation is limited to Android-based environments and does not yet incorporate cryptographic protection mechanisms within the generated QR Code.

Intisari— Penelitian ini mengusulkan model validasi lokasi multi-lapisan berbasis QR Code dan *geotagging* pada sistem perjalanan dinas berbasis *mobile* untuk mengatasi keterbatasan pendekatan validasi tunggal yang rentan terhadap manipulasi lokasi. Model yang diusulkan mengintegrasikan validasi spasial melalui *geotagging*, validasi temporal melalui *timestamp*, validasi integritas lokasi melalui deteksi *mock location*, serta validasi akhir berbasis QR Code sebagai mekanisme enkapsulasi data. Sistem diimplementasikan pada aplikasi *ePerjadin* di lingkungan BMKG dan dievaluasi melalui pengujian fungsional suitability, security, dan performance efficiency. Hasil pengujian menunjukkan seluruh fungsi sistem berjalan dengan tingkat keberhasilan 100% serta mampu mendeteksi manipulasi lokasi secara efektif. Evaluasi kinerja menunjukkan waktu rata-rata akuisisi lokasi sebesar 4,03 detik, pembentukan QR Code 2,39 detik, dan pemindaian QR sebesar 0,11 detik. Hasil ini menunjukkan bahwa model validasi multi-lapisan yang diusulkan mampu meningkatkan keandalan, keamanan, dan akuntabilitas sistem perjalanan dinas berbasis *mobile* tanpa memberikan beban signifikan terhadap performa sistem. Namun demikian, implementasi yang dilakukan masih terbatas pada lingkungan Android dan belum menerapkan mekanisme perlindungan kriptografi pada QR Code yang dihasilkan.

¹Mahasiswa Magister Teknik Elektro, Universitas Udayana, Jalan PB Sudirman Denpasar (telp: 0361-555225; fax: 0361-4321982; e-mail: Purnawan.2281711008@student.unud.ac.id)

^{2, 3} Dosen Magister Teknik Elektro, Prodi Magister Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas UdayanaGedung Admin FT Unud, Jl. P. B. Sudirman Denpasar Bali INDONESIA (telp: 0361-246163; e-mail: sukadarmika@unud.ac.id)

Kata Kunci— validasi Lokasi; multi-lapisan; QR Code; *geotagging*; *mock location*.

I. PENDAHULUAN

Kebijakan pemerintah tentang efisiensi anggaran perjalanan dinas akibat dugaan kebocoran menjadi dilema bagi instansi pemerintah. Setiap perjalanan dinas diawasi secara ketat baik peruntukan perjalanan maupun urgensi dari perjalanan dinas tersebut sehingga dapat dipertanggungjawabkan. Namun, hal tersebut membuat target tujuan lembaga pemerintah untuk menjalankan tugasnya sesuai dengan undang – undang menjadi tidak mampu mencapai target. Demikian juga yang terjadi pada BMKG di mana memiliki salah satu kewajiban kalibrasi terhadap peralatan-peralatan operasional sesuai undang-undang nomor 31. Tahun 2009 [1], [2]. Peralatan tersebut digunakan sebagai pengamatan cuaca penerbangan, cuaca maritim, cuaca publik, cuaca pertanian dan kegempaan. Seperti yang terjadi di BBMKG Wilayah III yang memiliki jumlah peralatan antara 150 hingga 300 lokasi yang tersebar di 9 provinsi, yakni Jawa Timur, Bali, NTB, NTT, Kalimantan Tengah, Kalimantan Timur, Kalimantan Selatan dan Kalimantan Utara.

Proses perjalanan dinas yang masih semi-digital memberikan resiko terhadap akuntabilitasnya [3],[4],[5]. Meskipun tidak ditemukan perjalanan dinas fiktif ketika audit, proses ini tetap menjadi sorotan karena melibatkan anggaran yang tidak sedikit.

Berkembangnya digitalisasi dengan adanya teknologi web dan *mobile* memungkinkan adanya upgrade dalam akuntabilitas perjalanan dinas. Melalui parameter yang objektif tidak hanya mengenai anggaran, tetapi juga kebenaran terhadap lokasi serta waktu dari petugas perjalanan dinas menjadi data kegiatan yang dapat dipertanggungjawabkan.

Melalui teknologi *mobile smartphone* dapat menjadi sebuah alternatif solusi melalui pendekatan lokasi. Teknologi *geotagging* memungkinkan sebuah sistem perjalanan dinas yang diinstal dalam *mobile smartphone* dapat merekam koordinat geografis. Meskipun demikian, metode ini memiliki tantangan adanya aplikasi fake GPS yang mampu membuat lokasi palsu. Sehingga hal tersebut belum cukup untuk validasi terhadap jaminan integritas data.

Pada penelitian lain terdapat *geotagging* yang dikombinasikan dengan *geofencing* dengan mengkombinasikan validasi waktu [6], [7], [8]. Akan tetapi untuk sebuah presensi statis memungkinkan tetapi akan sulit ketika diterapkan untuk multi lokasi dalam jumlah besar serta lokasi yang tidak sama setiap tahunnya.



Kajian terhadap penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa sebagian besar sistem masih mengandalkan pendekatan validasi tunggal atau kombinasi terbatas [4], [6], [8], tanpa integrasi yang menyeluruh antar parameter yang menjadi landasan. Kondisi ini menyebabkan mekanisme verifikasi yang dihasilkan belum mampu memberikan jaminan keandalan secara komprehensif [9], [10].

Dalam usaha untuk mengatasi permasalahan tersebut, konsep dengan validasi multi lapisan yang terintegrasi menjadi relevan. Pada penelitian ini menawarkan pendekatan validasi multi lapisan yang menggabungkan *geotagging*, *timestamp*, deteksi mock lokasi (pemalsuan lokasi oleh fake GPS) dan QR Code. QR Code sendiri adalah teknologi di mana bisa digunakan untuk menyimpan sebuah data untuk kemudian dipindai. Dalam konteks sistem perjalanan dinas QR Code juga bisa dimanfaatkan untuk menyimpan data sekaligus pengganti stempel basah yang masih menggunakan kertas.

Adapun penelitian ini memiliki kontribusi terhadap penyusunan model konseptual validasi multi-lapisan dalam sistem perjalanan dinas, implementasi integrasi parameter validasi berbasis lokasi, waktu, dan deteksi mock lokasi dalam satu sistem *mobile*, serta evaluasi dilakukan mengacu pada karakteristik ISO/IEC 25010 yang relevan dengan tujuan penelitian, yaitu *functional suitability*, *performance efficiency*, dan *security*. Sehingga diharapkan penelitian ini dapat memberikan solusi yang lebih andal dalam mendukung pertanggungjawaban terhadap integritas lokasi petugas dan data perjalanan dinas, terutama pada lingkungan kerja dengan mobilitas tinggi dan kondisi operasional yang berubah-ubah.

II. STUDI PUSTAKA

A. Sistem Perjalanan Dinas Digital

Berkembangnya sistem perjalanan dinas digital yang memiliki tujuan transparansi, efisiensi dan akuntabilitas. Secara umum mencakup proses administrasi berupa pengelolaan dokumen, pelaporan aktivitas serta pelaporan biaya secara terintegrasi. Implementasi sistem ini terbukti mempercepat hal tersebut serta dapat mengurangi kesalahan ataupun ketidaksesuaian yang ditimbulkan oleh sistem manual [3], [4], [5].

Akan tetapi sebagian besar masih berorientasi pada web based, sehingga belum dapat memastikan kehadiran petugas secara valid pada lokasi yang dituju secara objektif. Sehingga perlu sistem *mobile* dengan GPS yang mampu mendukung validasi serta verifikasi terhadap lokasi petugas tersebut.

B. Geotagging sebagai Validasi Lokasi

Geotagging adalah model perekaman koordinat berupa latitude dan longitude. Koordinat tersebut diperoleh dari GPS sebuah *device*. Pada sistem *mobile smartphone*, teknologi ini berperan dalam bukti keberadaan pengguna *device* pada lokasi tertentu.[6], [7], [8], [11], [12].

Geotagging melalui GPS pada *smartphone* memiliki akurasi yang cukup tinggi di daerah dengan internet provider yang sudah baik. Akan tetapi untuk validasi tunggal masih memiliki keterbatasan. Melalui *Fake GPS*, data lokasi pada perangkat dapat dimanipulasi melalui teknik *spoofing* [10], [11], [12]. Dari hal tersebut, validasi berbasis lokasi perlu tambahan

mekanisme yang mampu menjamin keaslian lokasi dari perekaman koordinat lokasi dari pengguna *mobile device*.

C. QR Code sebagai Validasi Informasi

QR Code merupakan teknologi yang mampu mengenkapsulasi data atau informasi dalam bentuk visual dua dimensi dan mampu menjadi sistem autentifikasi. Data atau informasi QR Code dapat diakses melalui pemindaian melalui fitur kamera pada *mobile smartphone* [7], [13], [14], [15], [16], [17]

Penggunaan QR Code dalam mode statis atau pemindaian dapat digunakan berulang atau dapat disalin tanpa kontrol [13]. Berbeda jika diimplementasikan pada kondisi aktif atau sebagai enkapsulator parameter penting seperti koordinat lokasi dan waktu, sehingga pemindaian hanya digunakan untuk proses verifikasi. Penelitian ini memposisikan QR Code sebagai mekanisme validasi dari integritas data atau informasi di dalam sistem perjalanan dinas.

D. Integrasi QR Code dan Geotagging

Integrasi *geotagging* dan QR Code digunakan untuk meningkatkan keandalan dari validasi, khususnya terbukti pada sistem presensi dan pelacakan lokasi berbasis *mobile smartphone* [7], [14], [15]. Melalui pendekatan ini dimungkinkan verifikasi terhadap data dan informasi termasuk lokasi yang ada di dalam QR yang direkam oleh *mobile device* dari pengguna.

Integrasi tersebut masih memiliki celah jika tanpa validasi yang terstruktur. Tanpa menambahkan parameter lain seperti deteksi waktu (*timestamp*) dan deteksi mock lokasi yang bisa melihat ada tidaknya manipulasi terhadap lokasi tersebut membuat kemampuan sistem menjadi lemah.

E. Model Validasi Multi – Lapisan

Model validasi multi-lapisan dikembangkan untuk meningkatkan keandalan sistem dalam verifikasi secara simultan terhadap beberapa parameter. Konsep ini sesuai dengan prinsip multi-faktor autentifikasi yang menggunakan lebih dari satu faktor untuk memvalidasi suatu proses [9], [18], [19].

Dalam konteks penelitian ini, yang mana diterapkan pada sistem perjalanan dinas berbasis *mobile*, cakupan validasi multi-lapisan yaitu:

- *geotagging* sebagai validasi spasial,
- *timestamp* sebagai validasi temporal,
- QR Code sebagai validasi data,
- Deteksi mock lokasi sebagai validasi manipulasi dari perangkat

Melalui model validasi tersebut, membuat setiap parameter menjadi terstruktur, sehingga verifikasi tidak hanya gabungan fitur tetapi juga mendefinisikan antar komponen validasi secara sistematis.

F. Metode Pengembangan Sistem

Pengembangan sistem *mobile* dengan mengintegrasikan komponen *geotagging*, *timestamp*, mock lokasi dan QR Code memerlukan metode yang adaptif terhadap perubahan. Metode Agile Scrum memungkinkan pengembangan yang fleksibel dan

iteratif dalam menyesuaikan fitur sistem yang akan dibuat [6], [20].

Dalam upaya menjaga perkembangan kebutuhan fitur dibutuhkan arsitektur yang modular dan maintainable. Clean Architecture dapat melengkapi hal tersebut karena memisahkan lapisan pada coding sistem serta mengatur dependensi antar komponen sehingga mudah dalam pengujian [6], [15], [20].

Melalui kombinasi Scrum dan *Clean Architecture* sebagai pendekatan secara teknis implementasi sistem yang menjadikannya fleksible dan adaptif, modular dan *maintainable*. Akan tetapi metode tersebut bukan menjadi bagian utama dari model validasi yang diusulkan [6], [8], [20].

G. State of the Art

Pergeseran sistem perjalanan dinas dengan pendekatan administratif menuju pemanfaatan *mobile device* mendukung aktivitas lapangan. Penelitian sebelumnya menunjukkan validasi aktivitas berbasis *mobile* telah mengadopsi QR Code dan *geotagging* dalam identifikasi, presensi dan representasi secara geografis sebagai mekanisme utama [3], [4], [21]

QR Code memiliki peran sebagai pembawa data yang dapat diverifikasi kembali, namun penggunaan secara parsial belum mampu menjaga integritas data secara menyeluruh [2].

Beberapa penelitian telah mengkombinasikan *geotagging* dengan QR Code untuk meningkatkan validitas sistem [7], [14], [15], akan tetapi masih belum mencakup parameter waktu (*timestamp*) serta deteksi manipulasi lokasi [6], [7], [8]. Selain itu pada penelitian sebelumnya juga cenderung berfokus pada implementasi sistem tanpa merumuskan model validasi yang terstruktur [9].

Dengan demikian, meskipun berbagai fitur validasi sudah digunakan, belum terdapat model validasi multi-lapisan yang mengintegrasikan parameter spasial, temporal, dan integritas data secara sistematis pada sistem perjalanan dinas *mobile*.

TABEL I
SINTESIS PERBANDINGAN PENELITIAN

Aspek	Pendekatan Eksisting	Keterbatasan	Penelitian Ini
Fokus sistem	Administratif (SPPD digital) [3], [4], [5]	Tidak validasi aktivitas lapangan	Validasi aktivitas berbasis lokasi
Validasi lokasi	<i>Geotagging</i> [2], [6], [7], [8]	Rentan manipulasi (<i>mock location</i>)	<i>Geotagging</i> dan deteksi <i>mock location</i>
Validasi data	QR Code (identifikasi) [7], [8], [13], [14], [15], [16], [17]	Tidak menjamin integritas data	QR Code sebagai pembawa data validasi
Parameter validasi	Tunggal / parsial	Tidak komprehensif	Multi-parameter
Integrasi	QR dan GPS [20]	Parsial, tidak komprehensif	Multi-parameter
Model konseptual	Tidak ada	Tidak terstruktur	Model validasi multi-lapisan

Aspek	Pendekatan Eksisting	Keterbatasan	Penelitian Ini
Ketahanan manipulasi	Rendah–sedang	Mudah disalahgunakan	Lebih tinggi melalui pendekatan multi-layer validation

H. Research Gap

Berdasarkan analisis terhadap penelitian terdahulu, masih dapat ditemukan beberapa celah penelitian sebagai berikut.

1. Validasi aktivitas pada umumnya masih bersifat parsial. Dalam banyak kasus, sistem hanya mengandalkan *geotagging* tanpa dikombinasikan dengan parameter lain seperti *timestamp* maupun deteksi manipulasi lokasi, sehingga integritas data yang dihasilkan belum sepenuhnya terjamin.
2. Pemanfaatan QR Code juga masih cenderung terbatas sebagai media identifikasi. Pada beberapa penelitian, QR Code belum dimanfaatkan secara optimal sebagai mekanisme enkapsulasi data yang dapat memuat informasi lokasi, waktu, serta status manipulasi secara terstruktur.
3. Selain itu, belum banyak ditemukan model validasi lokasi multi-lapisan yang benar-benar mengintegrasikan parameter spasial, temporal, dan integritas data secara sistematis dalam sistem perjalanan dinas berbasis *mobile*.
4. Penerapan pendekatan validasi multi-lapisan pada sistem perjalanan dinas *mobile* juga masih terbatas. Integrasi antara parameter spasial, temporal, deteksi mock lokasi, serta mekanisme enkapsulasi data sebagai validasi masih belum banyak diimplementasikan secara bersamaan.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengusulkan model validasi lokasi multi-lapisan berbasis QR Code dan *geotagging* yang mengintegrasikan parameter spasial, temporal, serta integritas data dalam satu kerangka yang lebih terstruktur.

III. METODOLOGI

A. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Fokusnya pada pengembangan dan pengujian model validasi lokasi berbasis sistem *mobile*. Pendekatan ini dipilih karena lebih mudah digunakan untuk melihat hasil sistem secara terukur.

Dalam pengembangan sistem, digunakan metode Agile Scrum. Metode ini dipilih karena prosesnya bertahap dan bisa menyesuaikan kebutuhan yang berubah. Pada praktiknya, kebutuhan sistem memang tidak selalu tetap sejak awal.

Evaluasi dilakukan untuk melihat bagaimana sistem bekerja. Terutama dalam menghasilkan dan memverifikasi data presensi berbasis lokasi. Yang dilihat bukan hanya hasilnya, tetapi juga apakah data tersebut konsisten dan bisa dipercaya.

B. Arsitektur Sistem Validasi

Arsitektur pada sistem ini dibagi menjadi dua bagian, yakni tahap pembentukan data dan validasi data. Bagian pembentukan data yaitu ketika proses *geotagging* dilakukan dengan menangkap koordinat, *timestamp* serta validasi lokasi melalui



status *mock location* secara *real-time*, lalu data tersebut dienkapsulasi menjadi QR dan disimpan bersama data profil dan nomor SPT. Sementara itu, di bagian kedua validasi berdasarkan verifikasi.

QR Code yang tadi disimpan menjadi penghubung antara kedua tahap tersebut. Fitur scanning QR Code digunakan sebagai validasi berbasis verifikasi lokasi, waktu pembentukan, dan hasil deteksi dari *mock location*. Lalu fitur map dapat digunakan sebagai visualisasi dari kesesuaian lokasi berdasarkan *pinpoint* yang ditunjukkan ketika data dibentuk pada tahap sebelumnya.

C. Tahap Pembentukan Data Aktivitas Perjalanan Dinas

Tahap pembentukan data merupakan lapisan awal dalam model validasi lokasi multi-lapisan. Tujuannya untuk menghasilkan data input yang nantinya akan diverifikasi. Pada tahap ini, sistem mengumpulkan, merekam dan mengolah parameter utama dari aktivitas perjalanan dinas. Proses pembentukan data dilakukan melalui aplikasi perjalanan dinas yang terinstal pada perangkat *mobile* pengguna saat berada pada lokasi berangkat atau tiba. Adapun tahapannya sebagai berikut:

1. Akuisisi data lokasi (*Geotagging*)
Ketika fitur diaktifkan, sistem melakukan pengambilan koordinat berupa latitude dan longitude melalui layanan GPS dari *mobile device* pengguna. Data ini digunakan untuk representasi posisi secara spasial petugas perjalanan dinas.
2. Pencatatan waktu (*Timestamp*)
Pada saat yang sama ketika *geotagging* aktif, sistem mencatat waktu secara otomatis dari device pengguna yang terhubung dengan provider terdekat. Data waktu ini digunakan sebagai penanda temporal yang memastikan bahwa aktivitas dilakukan pada waktu yang valid dan dapat ditelusuri.
3. Deteksi *mock* lokasi
Setelah perekaman *geotagging* dan *timestamp*, kemudian sistem melakukan deteksi terhadap ada tidaknya manipulasi lokasi pada perangkat. Jika pengguna memodifikasi lokasi maka status lokasi akan memberikan teks lokasi tidak valid. Proses ini tidak ditampilkan kepada pengguna tetapi akan ikut dienkapsulasi pada QR Code.
4. Enkapsulasi data menjadi QR Code
Pada tahap ini, data perjalanan dinas (profil pengguna, nomor surat tugas), data koordinat lokasi, waktu perekaman lokasi, dan status deteksi *mock* lokasi dienkapsulasi menjadi QR Code. Data tersebut disimpan dalam bentuk image di cloud database. QR Code ini nantinya berfungsi sebagai media pembawa data final (*final-state validation*) yang akan digunakan dalam proses verifikasi.
5. Pengolahan dan penyimpanan data aktivitas
Seluruh data yang diperoleh disimpan sistem dalam bentuk teks dan image QR Code serta dokumen PDF yang berisi semua QR Code selama perjalanan dinas pada cloud database dengan menambahkan *timestamp upload* sesuai dengan waktu pada server database.

Tahap pembentukan data ini tidak hanya untuk akuisisi informasi, namun juga sebagai bagian dari mekanisme validasi. Seluruh data parameter yang tersimpan akan digunakan pada

lapisan berikutnya dalam menentukan validitas aktivitas berbasis lokasi pada perjalanan dinas secara menyeluruh.

D. Tahap Validasi Data

Tahap validasi data merupakan bagian dari mekanisme pengendalian sistem yang bertujuan untuk memastikan bahwa informasi aktivitas perjalanan dinas yang telah direkam benar-benar mencerminkan kondisi aktual di lapangan. Berbeda dengan tahap pembentukan data yang berfokus pada akuisisi parameter, tahap ini menitikberatkan pada proses verifikasi terhadap konsistensi dan keabsahan data yang tersimpan dalam sistem.

Proses validasi dilakukan secara tidak langsung melalui pemanfaatan QR Code sebagai media pembawa data aktivitas. QR Code yang dihasilkan pada tahap sebelumnya berisi representasi terenkapsulasi dari parameter utama, sehingga memungkinkan proses pemeriksaan dilakukan kembali tanpa harus mengakses sumber data awal secara langsung.

1. Pemindaian QR Code

Validasi diawali dari pemindaian terhadap dokumen PDF yang berisi QR Code. Keberhasilan dari proses pemindaian menjadi tahap validasi dalam penelitian ini. Apabila QR Code tidak dapat dipindai atau tidak menampilkan data, maka proses validasi selanjutnya tidak dilanjutkan.

2. Pemeriksaan struktur data hasil pemindaian QR Code

Setelah QR Code berhasil dipindai dan data berhasil diekstraksi, sistem melakukan pemeriksaan terhadap struktur informasi yang terkandung di dalamnya. Pemeriksaan ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh sesuai dengan format yang telah ditetapkan pada tahap pembentukan data.

Struktur data hasil ekstraksi dianggap valid apabila memuat seluruh elemen yang dibentuk pada tahap sebelumnya, yaitu identitas perjalanan dinas (nomor surat tugas dan nama), *timestamp*, koordinat lokasi (latitude dan longitude), nama lokasi, serta status *mock location*. Apabila hasil ekstraksi tidak memuat satu atau lebih parameter yang dipersyaratkan, maka data dinyatakan tidak valid dan proses validasi tidak dilanjutkan ke tahap berikutnya.

3. Evaluasi parameter validasi

Setelah pemeriksaan terhadap struktur data hasil pemindaian dinyatakan valid, data parameter kemudian dievaluasi untuk menentukan kesesuaian dengan proses perjalanan dinas.

• Validasi lokasi

Validasi lokasi dilakukan melalui pemeriksaan kesesuaian koordinat hasil ekstraksi dengan lokasi keberangkatan atau lokasi tujuan yang tercantum pada surat tugas. Verifikasi lokasi didukung oleh visualisasi koordinat melalui Google Maps API yang menampilkan posisi geografis dalam bentuk *pinpoint*, sehingga memudahkan proses pemeriksaan spasial oleh administrator. Lokasi dinyatakan valid apabila koordinat hasil ekstraksi QR Code sesuai dengan lokasi keberangkatan atau lokasi tujuan yang tercantum pada surat tugas dan ditunjukkan melalui visualisasi peta.

• Validasi waktu

Timestamp hasil ekstraksi QR Code menunjukkan waktu pelaksanaan proses *geotagging* yang direkam oleh sistem. Validitas waktu ditentukan berdasarkan

kesesuaian *timestamp* hasil ekstraksi dengan periode pelaksanaan perjalanan dinas yang tercantum pada surat tugas.

- Validasi keaslian lokasi

Salah satu informasi yang diekstraksi dari QR Code adalah status hasil deteksi *mock location* yang digunakan sebagai indikator keaslian lokasi. Keaslian lokasi dievaluasi berdasarkan hasil deteksi *mock location* yang direkam pada saat proses *geotagging*. Status hasil deteksi *mock location* kemudian dienkapsulasi bersama parameter lainnya ke dalam QR Code yang dibentukkan pada dokumen PDF. Apabila hasil deteksi *mock location* menunjukkan status "Lokasi Tidak Valid", maka sistem mengindikasikan adanya potensi manipulasi lokasi dan aktivitas dinyatakan tidak valid.

4. Penentuan status validitas

Status validitas aktivitas perjalanan dinas ditentukan berdasarkan hasil evaluasi seluruh parameter. Secara konseptual, validitas dapat dinyatakan sebagai:

$$V=L \wedge T \wedge M$$

di mana:

- V = status validitas aktivitas,
- L = validasi lokasi,
- T = validasi waktu,
- M = status *mock location detection*.

Data dinyatakan valid apabila seluruh parameter terpenuhi. Sebaliknya, jika salah satu parameter tidak memenuhi kriteria, maka data dinyatakan tidak valid. QR Code tidak diposisikan sebagai parameter validitas, melainkan sebagai media enkapsulasi dan verifikasi ulang (*final-state validation layer*) yang menghubungkan tahap pembentukan data dan tahap validasi.

5. Hasil Verifikasi dan Output Sistem

Hasil pemindaian QR Code menampilkan informasi perjalanan dinas yang kemudian diverifikasi berdasarkan parameter lokasi, waktu, dan status *mock location* untuk menentukan status valid atau tidak valid.

Selain menampilkan informasi dalam bentuk tekstual, sistem juga menyediakan visualisasi lokasi melalui Google Maps API yang menampilkan posisi koordinat dalam bentuk *pinpoint*. Fitur ini digunakan untuk mendukung proses verifikasi spasial oleh administrator. Dalam kondisi data dinyatakan valid, informasi tersebut dapat dilanjutkan ke tahap pengesahan dokumen melalui penggunaan spesimen Tanda Tangan Elektronik (TTE) yang diterapkan pada sistem.

Tahap validasi ini berfungsi sebagai mekanisme kontrol akhir dalam model validasi multi-lapisan, yang memastikan bahwa data aktivitas perjalanan dinas tidak hanya tercatat, tetapi juga telah melalui proses verifikasi yang terstruktur dan dapat dipertanggungjawabkan.

E. Model Validasi Lokasi Multi-Lapisan

Model validasi pada penelitian ini tidak berdiri sendiri dari komponen yang terpisah, tetapi sesuai dengan alur proses yang

dijelaskan pada tahap pembentukan dan validasi data. Kedua tahapan tersebut menjadi mekanisme yang saling terkait.

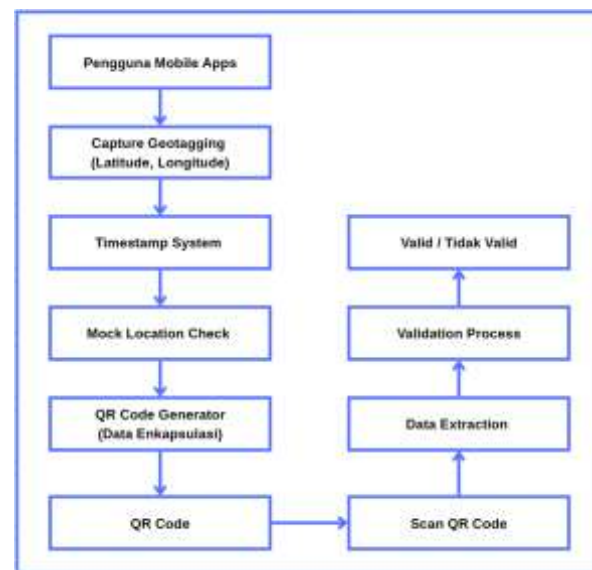
Pada tahap pembentukan data, aktivitas perjalanan dinas mengambil lokasi, mencatat waktu dan mendeteksi *mock location*. Data tersebut dienkapsulasi dalam bentuk QR Code bersama dengan data identitas perjalanan dinas. Kumpulan QR Code akan di-generate ke dalam dokumen PDF yang nantinya digunakan untuk tahap verifikasi melalui proses pemindaian. Melalui hal tersebut sistem tidak hanya bergantung pada hasil akhir tetapi juga pada proses pembentukan data.

Parameter yang digunakan dalam validasi memiliki 3 (tiga) aspek. Sistem mempertimbangkan lokasi, waktu dan deteksi *mock location*. Berbeda dengan tracking secara *real-time*, model yang diterapkan dalam penelitian ini menggunakan hasil akhir data aktivitas perjalanan dinas sebagai dasar pemeriksaan. Hal ini membuat proses lebih sederhana dan kebutuhan akan jaringan pada perangkat lebih hemat.

Melalui hal tersebut, model validasi lebih menekankan pada keterkaitan proses dibandingkan sekedar penggabungan fitur. Pendekatan ini memungkinkan pemeriksaan terhadap aktivitas secara konsisten, terutama dalam mendeteksi ketidaksesuaian lokasi, waktu dan kondisi perangkat.

F. Diagram Arsitektur Sistem

Diagram Arsitektur Sistem Validasi Lokasi multi lapisan digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1: Diagram arsitektur sistem validasi multi lapisan

G. Parameter Pengujian

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam menghasilkan dan memverifikasi data presensi. Parameter yang digunakan meliputi:

1. Keberhasilan pembentukan QR Code
2. Keberhasilan pemindaian QR Code
3. Keberhasilan ekstraksi data presensi
4. Validasi status lokasi (*mock location*)



5. Konsistensi data antara proses generate dan scan
6. Keberhasilan penentuan validitas presensi

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Implementasi Sistem

Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem validasi perjalanan dinas berbasis *mobile* yang diimplementasikan pada aplikasi ePerjadin BMKG. Sistem ini mengadopsi pendekatan *multi-layer validation* yang terdiri dari proses pengambilan lokasi, pencatatan waktu, deteksi *mock location*, pembentukan data, dan validasi akhir berbasis QR Code.

Berbeda dengan sistem pelacakan kontinu (*continuous tracking*), pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *final-state validation*, di mana proses validasi dilakukan pada tahap akhir dalam bentuk dokumen resmi.

1. Struktur Fungsional Sistem

Implementasi sistem terdiri dari beberapa modul utama yang saling terintegrasi.



Gambar 2: Tampilan Menu Utama Pengguna

Tampilan menu utama menunjukkan bahwa aplikasi ePerjadin merupakan sistem terintegrasi yang mencakup:

- Pengelolaan profil pengguna
- Dokumen perjalanan dinas (SPPD)
- Rincian biaya
- Fitur QR scan
- Modul pengguna

Struktur ini menunjukkan bahwa sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat validasi lokasi, tetapi juga sebagai sistem administratif perjalanan dinas secara menyeluruh.

2. Proses Geotagging (Lapisan Validasi Lokasi)



Gambar 3: Konfirmasi Mode Geotagging (Berangkat/Tiba)

Sistem menyediakan dua mode aktivitas, yaitu **berangkat** dan **tiba**, yang digunakan untuk membedakan tahapan perjalanan dinas. Mode ini digunakan untuk memberikan konteks terhadap data lokasi yang diambil.



Gambar 4: Proses Pengambilan Lokasi

Pada tahap ini sistem mengambil koordinat geografis (latitude dan longitude), Mencatat *timestamp*, Menginput lokasi asal dan tujuan.

Contoh:

Latitude: -8.736997

Longitude: 115.164863

Tanggal : 23-04-2026

Tahap ini merupakan **lapisan pertama validasi**, yaitu verifikasi keberadaan pengguna secara geografis dan waktu pengambilan.

3. Penyimpanan Data Perjalanan

Data hasil *geotagging* tidak langsung divalidasi secara real-time, tetapi:

- Disimpan sebagai bagian dari data perjalanan
 - Digunakan sebagai input untuk proses validasi akhir
- Pendekatan ini bertujuan untuk:
- Mengurangi kompleksitas sistem
 - Menyesuaikan dengan kebutuhan administratif perjalanan dinas.

4. Pembentukan QR Code pada Output PDF (*Final-state validation*)

QR Code dalam sistem ini tidak dihasilkan selama proses interaksi pengguna seperti *geotagging* atau input data, melainkan dibentuk pada tahap akhir ketika sistem menghasilkan dokumen PDF perjalanan dinas.



Gambar 5: Generate QR Code pada Dokumen PDF

Gambar 5 menunjukkan tampilan pratinjau dokumen PDF yang telah dilengkapi dengan QR Code. QR Code tersebut berisi data hasil proses sebelumnya, termasuk informasi lokasi, waktu, dan identitas pengguna.

Dengan pendekatan ini, QR Code berfungsi sebagai **representasi akhir dari data yang telah divalidasi secara sistem**, dan digunakan sebagai media verifikasi oleh administrator melalui proses pemindaian (QR scan).

Oleh karena itu, QR Code dalam penelitian ini dikategorikan sebagai bagian dari **final-state validation layer**, yaitu validasi yang dilakukan terhadap output akhir, bukan selama proses berlangsung.

5. Validasi oleh Administrator melalui QR Scan

Administrator memiliki peran sebagai pihak yang melakukan verifikasi data.



Gambar 6: Tampilan Menu Admin (Fitur QR Scan)

Pada gambar 6 tersebut, ditampilkan menu pada admin, pada konteks penelitian ini digunakan fitur menu QR Scan untuk verifikasi data.



Gambar 7: Hasil Pemindaian QR Code

Setelah masuk pada menu QR Scan, dan dilakukan pemindaian QR Code pada dokumen PDF yang terbentuk. Hasil pemindaian menampilkan:

- Nomor SPT
- Nama pengguna
- *Timestamp*
- Koordinat lokasi
- Status validitas

Pada gambar 7 tersebut dicontohkan adalah lokasi Valid.

Tahap ini merupakan **lapisan validasi utama**, di mana data diverifikasi oleh pihak independen.



6. Validasi Visual Lokasi

Pada scan QR juga terdapat fitur visualisasi lokasi dengan map yang terhubung dengan API google map.



Gambar 8: Visualisasi Lokasi pada Peta

Sistem menampilkan lokasi hasil pemindaian dalam bentuk peta digital untuk:

- Nomor SPT
- Memverifikasi kesesuaian lokasi sesuai *pinpoint* pada map.
- Memberikan bukti visual

Pendekatan ini memperkuat validasi karena menggabungkan:

- Data numerik
- Representasi spasial

B. Evaluasi Sistem

Model validasi lokasi multi-lapisan dievaluasi menggunakan dasar *functional suitability testing*, *performance efficiency testing* dan *security testing*.

Functional suitability dan functional based security testing yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan *blackbox testing*. Sementara itu performance efisiensi menggunakan metode stopwatch yang ditanam melalui script code pada aplikasi yang dijalankan.

TABEL II
HASIL PENGUJIAN SISTEM VALIDASI MULTI-LAPISAN

Lapisan Validasi	Parameter	Skenario Uji	n	Hasil
<i>Spatial validation</i>	<i>Geotagging</i>	Akuisisi koordinat latitude dan longitude melalui GPS	50	Berhasil (100%)
<i>Temporal validation</i>	<i>Timestamp</i>	Pencatatan waktu saat aktivitas <i>geotagging</i> dilakukan	50	Berhasil (100%)

<i>Location integrity validation</i>	<i>Mock location detection</i>	Pengujian manipulasi lokasi menggunakan aplikasi <i>spoofing GPS</i>	50	Terdeteksi tidak valid (100%)
<i>Data encapsulation layer</i>	<i>QR Code generation</i>	Pembentukan QR Code berisi lokasi, waktu, dan status validitas	50	Berhasil (100%)
<i>Document validation layer</i>	<i>PDF generation</i>	Penyisipan QR Code pada dokumen perjalanan dinas	50	Berhasil (100%)
<i>Final-state validation layer</i>	<i>QR Code scanning</i>	Pemindaian dan ekstraksi parameter validasi QR Code	50	Berhasil (100%)
<i>Data consistency validation</i>	<i>QR data structure</i>	Perbandingan data sebelum dan setelah pemindaian QR Code	50	Konsisten (100%)
<i>Spatial verification</i>	<i>Map visualization</i>	Menampilkan koordinat hasil validasi dalam bentuk pinpoint	50	Berhasil (100%)

TABEL III
HASIL PENGUJIAN PERFORMANCE EFFICIENCY

Proses	n	Mean (s)	SD (s)	Min-Max (s)
<i>GPS acquisition</i>	50	4,03	0,63	2,73 – 4,96
<i>QR Code generation</i>	50	2,39	0,59	1,79 – 3,56
<i>PDF generation</i>	50	0,59	0,25	0,41 – 1,30
<i>QR Code scanning</i>	50	0,11	0,02	0,08 – 0,15

C. Pembahasan

Implementasi model validasi lokasi pada sistem perjalanan dinas berbasis *mobile* menunjukkan bahwa proses pemeriksaan aktivitas dapat dilakukan secara lebih andal melalui kombinasi beberapa mekanisme validasi. Validitas data tidak hanya ditentukan dari koordinat lokasi yang diperoleh perangkat, tetapi juga diperkuat melalui informasi waktu, pemeriksaan kemungkinan manipulasi lokasi, dan proses verifikasi ulang menggunakan QR Code. Dengan adanya beberapa tahapan tersebut, data aktivitas perjalanan dinas dapat diperiksa dari berbagai aspek sebelum digunakan sebagai bukti administrasi.

Pada penelitian ini, mekanisme validasi yang digunakan berbeda dengan sistem yang menerapkan pemantauan lokasi secara terus-menerus (*continuous tracking*). Model yang dikembangkan menggunakan pendekatan *final-state*

validation, yaitu validasi dilakukan terhadap data akhir yang telah dihasilkan oleh pengguna. Data lokasi dan informasi pendukung lainnya dikemas ke dalam QR Code sehingga proses pemeriksaan dapat dilakukan kembali melalui dokumen perjalanan dinas tanpa harus menyimpan riwayat perpindahan pengguna selama kegiatan berlangsung. Pendekatan ini bertujuan mengurangi kompleksitas sistem sekaligus tetap menjaga kemampuan verifikasi data.

Selain validasi lokasi dan waktu, sistem juga menerapkan pemeriksaan integritas lokasi menggunakan deteksi *mock location*. Pengujian menunjukkan bahwa ketika perangkat menggunakan aplikasi manipulasi GPS, sistem dapat mengenali kondisi tersebut dan memberikan status lokasi tidak valid. Mekanisme ini diperlukan karena penggunaan koordinat GPS secara langsung masih memiliki keterbatasan, terutama apabila perangkat pengguna memungkinkan perubahan lokasi melalui aplikasi pihak ketiga.

Data yang telah melalui proses validasi kemudian digabungkan dalam QR Code yang memuat informasi lokasi, waktu, serta status validitas lokasi. Dalam rancangan ini, QR Code tidak berperan sebagai satu-satunya mekanisme keamanan, melainkan sebagai media penyimpanan informasi validasi yang dapat diperiksa kembali pada tahap akhir. Oleh karena itu, QR Code digunakan sebagai bagian dari *final-state validation layer* yang mendukung pemeriksaan dokumen tanpa membutuhkan pemantauan posisi secara real-time.

Hasil pemindaian QR Code menunjukkan bahwa informasi yang tersimpan dapat diperoleh kembali secara konsisten. Data hasil pemindaian memiliki kesesuaian dengan informasi awal sebelum proses pembentukan QR Code dilakukan. Selain itu, integrasi dengan peta digital membantu proses pemeriksaan lokasi melalui tampilan titik koordinat secara visual, sehingga administrator dapat melakukan validasi berdasarkan posisi geografis yang tercatat oleh sistem.

Evaluasi *performance efficiency* dilakukan untuk mengetahui apakah penambahan beberapa lapisan validasi memberikan pengaruh terhadap waktu pemrosesan aplikasi. Pengukuran dilakukan pada beberapa proses utama dengan menghitung nilai rata-rata (mean), standar deviasi (SD), serta waktu minimum dan maksimum dari hasil pengujian.

Hasil pengujian pada Tabel III menunjukkan bahwa proses pengambilan koordinat GPS membutuhkan waktu rata-rata $4,03 \pm 0,63$ detik dengan waktu tercepat 2,73 detik dan waktu terlama 4,96 detik. Perbedaan waktu pengambilan lokasi terjadi karena proses ini bergantung pada beberapa kondisi, seperti kualitas sinyal GPS, kemampuan perangkat, serta respons layanan lokasi yang digunakan. Pada proses pembentukan QR Code, waktu rata-rata yang diperoleh adalah $2,39 \pm 0,59$ detik. Waktu tersebut menunjukkan bahwa proses penggabungan beberapa informasi validasi ke dalam QR Code masih dapat dilakukan dengan respons yang baik dan tidak memberikan beban pemrosesan yang besar terhadap aplikasi. Pembentukan dokumen PDF sebagai hasil akhir perjalanan dinas membutuhkan waktu rata-rata $0,59 \pm 0,25$ detik. Sementara itu, proses pemindaian QR Code sebagai tahapan pemeriksaan akhir memperoleh waktu rata-rata paling rendah, yaitu $0,11 \pm 0,02$ detik dengan rentang waktu antara 0,08 sampai 0,15

detik. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa proses validasi ulang melalui QR Code dapat dilakukan dengan cepat ketika dokumen perjalanan diperiksa.

Berdasarkan hasil implementasi, mekanisme validasi lokasi yang dikembangkan terdiri dari empat komponen utama, yaitu:

1. *Geotagging* untuk memperoleh dan memvalidasi informasi lokasi;
2. *Timestamp* untuk memberikan informasi waktu aktivitas;
3. *Mock location detection* untuk mengidentifikasi kemungkinan manipulasi koordinat;
4. QR Code sebagai media penyimpanan data validasi dan lapisan pemeriksaan akhir (*final-state validation layer*).

Pendekatan ini menunjukkan bahwa validitas aktivitas perjalanan dinas tidak ditentukan oleh satu parameter, melainkan berdasarkan konsistensi antar lapisan validasi. Dengan demikian, model yang diusulkan dapat meningkatkan akuntabilitas, transparansi proses verifikasi, serta mengurangi potensi manipulasi data berbasis lokasi pada sistem perjalanan dinas *mobile*.

D. Keterbatasan Penelitian dan Pengembangan Selanjutnya

Meskipun model validasi lokasi multi-lapisan yang diusulkan menunjukkan kemampuan dalam meningkatkan keandalan proses verifikasi aktivitas perjalanan dinas melalui integrasi *geotagging*, pencatatan waktu, deteksi *mock location*, dan validasi akhir menggunakan QR Code, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan.

Pertama, mekanisme *mock location detection* yang diterapkan pada penelitian ini dirancang untuk mengidentifikasi manipulasi lokasi melalui penggunaan fitur *mock location* pada sistem Android tingkat aplikasi. Pengujian menunjukkan mekanisme tersebut mampu mengenali skenario manipulasi lokasi yang dilakukan selama proses evaluasi. Namun demikian, pendekatan ini masih memiliki keterbatasan terhadap metode *location spoofing* yang lebih kompleks, terutama pada perangkat yang telah mengalami modifikasi sistem seperti pemberian akses *root* atau teknik penyamaran yang dapat melewati mekanisme deteksi aplikasi.

Kedua, proses akuisisi lokasi dalam sistem saat ini masih bergantung pada layanan GPS sebagai sumber utama koordinat geografis. Oleh karena itu, kondisi lingkungan tertentu seperti area tertutup (*indoor*), wilayah dengan gangguan sinyal, atau daerah dengan keterbatasan penerimaan satelit dapat menyebabkan peningkatan waktu akuisisi atau kegagalan memperoleh lokasi yang sesuai. Implementasi mekanisme alternatif berbasis kombinasi GPS, jaringan seluler, dan Wi-Fi melalui pendekatan *fused location provider* dapat menjadi pengembangan untuk meningkatkan ketersediaan layanan lokasi pada berbagai kondisi operasional.

Ketiga, QR Code yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi sebagai media enkapsulasi data aktivitas perjalanan dinas yang mencakup identitas pengguna, informasi lokasi, waktu pencatatan, dan status hasil *mock location detection*. Data yang disimpan masih berupa struktur teks yang belum dilengkapi dengan mekanisme perlindungan kriptografi seperti *digital signature* atau enkripsi. Oleh sebab itu, pengembangan mekanisme keamanan tambahan diperlukan untuk



meningkatkan kemampuan sistem dalam mendeteksi perubahan data secara tidak sah.

Selain keterbatasan teknis tersebut, proses implementasi dan pengujian sistem dilakukan pada lingkungan operasional BMKG menggunakan perangkat Android dengan skenario pengujian tertentu. Dengan demikian, penerapan model pada lingkungan, perangkat, dan kondisi operasional yang berbeda masih memerlukan pengujian lebih lanjut untuk memperoleh tingkat generalisasi yang lebih luas.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan model validasi lokasi multi-lapisan berbasis QR Code dan *Geotagging* pada sistem perjalanan dinas *mobile*. Model yang diusulkan mengintegrasikan *geotagging*, *timestamp*, deteksi *mock location* sebagai parameter dan QR Code sebagai validasi akhir yang bekerja secara berlapis dalam menentukan validitasnya. Pendekatan QR Code sebagai final state validation yang digunakan melalui dokumen yang terbentuk menunjukkan bahwa proses verifikasi tidak harus dilakukan secara kontinu *real-time*. Hal tersebut memberikan kemudahan dalam proses audit, serta memberikan keuntungan efisiensi sistem tanpa mengurangi tingkat kehandalan dalam validasi.

Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama berjalan dengan baik, dengan tingkat keberhasilan yang tinggi pada aspek fungsional dan keamanan. Mekanisme deteksi *mock location* mampu mengidentifikasi upaya manipulasi lokasi secara efektif, sementara penggunaan QR Code sebagai media enkapsulasi memungkinkan proses verifikasi ulang dilakukan secara independen dan transparan. Sistem menunjukkan waktu respon yang responsif pada proses pengambilan lokasi, pembentukan QR Code, dan pemindaian QR. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan validasi multi-lapisan tidak memberikan beban signifikan terhadap performa sistem.

Secara keseluruhan, model validasi multi-layer yang diusulkan mampu meningkatkan akuntabilitas dan transparansi dalam proses verifikasi perjalanan dinas, serta mengurangi potensi manipulasi data berbasis lokasi. Dengan demikian, pendekatan ini dapat menjadi alternatif yang efektif dalam pengembangan sistem validasi berbasis geolokasi pada lingkungan yang membutuhkan tingkat kepercayaan data yang tinggi.

REFERENSI

- [1] BMKG, "Perka Nomor 23 Tahun 2015," 2015.
- [2] Republik Indonesia, "Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika," 2009, Accessed: May 28, 2026. [Online]. Available: <https://jdih.bmkg.go.id/storage/common/dokumen/Meteorologi,%20Klimatologi,%20dan%20Geofisika.pdf>
- [3] M. Iqbal, "Sistem Informasi Manajemen Kegiatan Perjalanan Dinas Badan Pusat Statistik Subang," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 6, no. 2, 2022.
- [4] I. Lestari, V. Andria Kusuma, and M. I. Alfani Putera, "Automasi Surat Perintah Perjalanan Dinas Berbasis Website Menggunakan Metode User Centered Design," *Jurnal Sistim Informasi dan Teknologi*, pp. 88–94, Jan. 2024, doi: 10.60083/jsisfotek.v5i4.327.
- [5] A. N. Azizah, R. Asmara, and Yuwono W., "Sistem Informasi Dan Pengelolaan Disposisi Surat Perintah Perjalanan Dinas Pada Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Nganjuk," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 11, no. 3, Aug. 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3.3225.
- [6] E. M. Japara, S. Arifin, and E. Irwansyah, "Geolocation Sistem Module Creation to Validate User Location Coordinates in an Android Application Using Flutter Framework," *Journal of Computer Science*, vol. 19, no. 8, pp. 1050–1064, 2023, doi: 10.3844/jcssp.2023.1050.1064.
- [7] S. Wellem Taju, Y. Putra Mamahit, and J. Andrew Pongantung, "Implementing QR Code and Geolocation Technologies for the Student Attendance yistem," *COGITO Smart Journal*, vol. 10, no. 1, 2024, doi:<https://doi.org/10.31154/cogito.v10i1.636.642-653>.
- [8] S. Kumari and P. Kumar, "QR-Attendance System with Geo-Location," 2024. [Online]. ISSN: 2454-132X. Available: <https://www.ijariit.com>, doi: 10.23956/ijariit.v10i6.1279.
- [9] A. Ometov, S. Bezzateev, N. Mäkitalo, S. Andreev, T. Mikkonen, and Y. Koucheryavy, "Multi-factor authentication: A survey," *Cryptography*, vol. 2, no. 1, pp. 1–31, Mar. 2018, doi: 10.3390/cryptography2010001.
- [10] P. Jiang, H. Wu, and C. Xin, "DeepPOSE: Detecting GPS spoofing attack via deep recurrent neural network," *Digital Communications and Networks*, vol. 8, no. 5, pp. 791–803, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.dcan.2021.09.006.
- [11] L. Miola, V. Muffato, E. Sella, C. Meneghetti, and F. Pazzaglia, "GPS use and navigation ability: A systematic review and meta-analysis," Nov. 01, 2024, *Academic Press*. doi: 10.1016/j.jenvp.2024.102417.
- [12] W. Renaldi, "Rancang Bangun Sistem E-Presensi Berbasis Gps Menggunakan Algoritma Haversine Untuk Optimasi Pendataan Dan Verifikasi Lokasi.Skripsi," *Bina Sarana Informatika*, 2024, doi:<https://doi.org/10.47111/jointecom.v4i1.13205>.
- [13] S. Tiwari, "An introduction to QR Code technology," in *Proceedings - 2016 15th International Conference on Information Technology, ICIT 2016*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Jun. 2017, pp. 39–44. doi: 10.1109/ICIT.2016.38.
- [14] J. I. Kim, H. S. Gang, J. Y. Pyun, and G. R. Kwon, "Implementation of QR Code recognition technology using smartphone camera for indoor positioning," *Energies (Basel)*, vol. 14, no. 10, May 2021, doi: 10.3390/en14102759.
- [15] S. Vaithilingam and S. A. M. Shankar, "Enhancing Security in QR Code Technology Using AI: Exploration and Mitigation Strategies," *Int. J. Intell. Sci.*, vol. 14, no. 02, pp. 49–57, 2024, doi: 10.4236/ijis.2024.142003.
- [16] S. B. Cinta, S. Auliana, and M. Darip, "Rancang Bangun Sistem Presensi Menggunakan QR Code Berbasis Web Di Pt. Jaya Sentosa Plasindo Tangerang," *INFOTECH journal*, vol. 11, no. 2, pp. 184–191, Jul. 2025, doi: 10.31949/infotech.v11i2.14965.
- [17] Rouillard, "2008 Rouillard ICCGI," in *Contextual QR Codes, Computing in the Global Information Technology*, 2008, pp. 50–55. doi: 10.1109/ICCGI.2008.25.
- [18] P. T. Tran-Truong et al., "A systematic review of multi-factor authentication in digital payment systems: NIST standards alignment and industry implementation analysis," May 01, 2025, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.sysarc.2025.103402.
- [19] F. Aloul, S. Zahidi, and W. El-Hajj, "Two Factor Authentication Using Mobile Phones," *IEEE/ACS International Conference on Computer Systems and Applications*, pp. 641–644, Jun. 2009, doi: 10.1109/AICCSA.2009.5069395.
- [20] R. A. Wijayanto, R. R. Hajar, and P. Sejati, "Implementing Flutter Clean Architecture for Mobile Tourism Application Development," 2023. doi: 10.5120/ijca2023923197
- [21] M. L. Psiaki and T. E. Humphreys, "GNSS Spoofing and Detection," *Proceedings of the IEEE*, vol. 104, pp. 1258–1270, Jun. 2016, doi: 10.1109/JPROC.2016.2526658.