Journal of Information System Research (JOSH)
ISSN 2686-228X (media online)
Volume 8, No. 1, Oktober 2026, pp 199−212
DOI 10.47065/josh.v8i1.11009
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/josh/

Penerapan Verifikasi Bertingkat pada Pelaporan Aksi Massa Menggunakan Geolocation API dan Algoritma Haversine

Implementation of Multi-Level Verification in Protest Reporting Using Geolocation Api and Haversine Formula

Muhammad Iqbal Fadhilah, Yudi Ahmad Hambali*, Ani Anisyah

Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Ilmu Komputer, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia
Jl. Dr. Setiabudi No.229, Isola, Kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia
Email: [1]iqbalfadhilah@upi.edu, [2,*]yudi.a.hambali@upi.edu, [3]anianisyah@upi.edu
Email Penulis Korespondensi: yudi.a.hambali@upi.edu
Received: **17/08/2026**, Revised: **21/10/2026**, Accepted: **28/10/2026**, Published**: 31/10/2026**

Abstrak−Informasi aksi massa yang tersebar di berbagai kanal digital bersifat terfragmentasi dan belum memiliki pemeriksaan berbasis lokasi, sementara sistem crowdsourcing terbuka rentan terhadap laporan berulang dari sumber yang sama. Penelitian ini bertujuan merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi secara fungsional dan usability mekanisme verifikasi bertingkat pada aplikasi pelaporan aksi massa PetaAksi, sebagai upaya mendukung pemeriksaan kredibilitas laporan dari masyarakat. Kontribusi penelitian ini adalah integrasi tiga tingkat verifikasi dalam satu alur pelaporan: validasi asal lokasi menggunakan Geolocation API, pengelompokan laporan dalam radius 100 meter menggunakan Algoritma Haversine dengan tingkat dukungan yang dihitung dari jumlah sumber unik, bukan jumlah laporan, dan moderasi administrator sebagai keputusan akhir. Tingkat dukungan hanya menjadi informasi pendukung moderator dan tidak menentukan kebenaran laporan. Sistem dikembangkan dengan model ADDIE sebagai Progressive Web App. Pengujian black-box terhadap 28 skenario seluruhnya sesuai keluaran yang diharapkan, dan enam skenario verifikasi menunjukkan sistem dapat membentuk kelompok laporan, membedakan sumber pendukung, serta menaikkan tingkat dukungan dari rendah ke sedang dan tinggi ketika sumber berbeda hadir dalam radius yang sama pada skenario pengujian yang dirancang. Evaluasi System Usability Scale pada 32 responden menghasilkan skor rata-rata 74,76 (Grade B), dengan 59,4% responden menilai pada kategori Good dan Excellent. Penelitian ini dilakukan pada skenario terkontrol tanpa pengujian lapangan, tidak mengukur akurasi deteksi laporan palsu, dan masih terbatas pada pembedaan sumber berbasis browser, sehingga hal tersebut menjadi arah pengembangan pada penelitian selanjutnya.

Kata Kunci: Verifikasi Bertingkat; Pelaporan Aksi Massa; Geolocation API; Algoritma Haversine; Crowdsourcing

Abstract−Information on mass demonstrations across digital channels is fragmented and lacks location-based checking, while open crowdsourcing is prone to repeated reports from the same source. This study aims to design, implement, and evaluate the functionality and usability of a multi-level verification mechanism in PetaAksi, a mass demonstration reporting application, supporting credibility assessment of public reports. The mechanism applies a volunteered geographic information quality assurance approach through three levels: location-origin validation using the Geolocation API, grouping of reports within a 100-meter radius using the Haversine Algorithm with support levels computed from unique sources rather than report counts, and administrator moderation as the final decision. Support levels only assist moderators and do not determine report truthfulness. The system was developed as a Progressive Web App using the ADDIE model. Black-box testing of 28 scenarios matched all expected outputs, and six verification scenarios showed that the system forms report groups, distinguishes supporting sources, and raises support levels when different sources appear within the same radius. The System Usability Scale with 32 respondents yielded a mean score of 74.76 (Grade B). The study used controlled scenarios, lacks field testing, does not measure fake-report detection accuracy, and relies on browser-based source differentiation.

Keywords: Multi-Level Verification; Mass Demonstration Reporting; Geolocation API; Haversine Algorithm; Crowdsourcing

1. PENDAHULUAN

Aksi massa merupakan salah satu bentuk penyampaian aspirasi masyarakat di ruang publik yang dapat memengaruhi mobilitas masyarakat dan penggunaan jaringan jalan. Aktivitas protes atau demonstrasi pada suatu lokasi dapat mengubah pola perjalanan dan mendorong masyarakat menyesuaikan rutenya [1], [2]. Oleh karena itu, informasi lokasi aksi massa berfungsi tidak hanya sebagai informasi peristiwa, tetapi juga sebagai informasi pendukung pertimbangan mobilitas. Permasalahan muncul ketika informasi tersebut tersebar di berbagai kanal digital dan media sosial dengan sumber, format, dan tingkat kelengkapan yang berbeda, sehingga masyarakat sulit memperoleh informasi lokasi yang terstruktur dan telah melalui proses pemeriksaan.

Pendekatan crowdsourcing memungkinkan masyarakat berpartisipasi langsung dalam pengumpulan informasi suatu peristiwa. Pada informasi geografis, kontribusi ini dikenal sebagai Volunteered Geographic Information (VGI) [3]. Anshori et al. mengembangkan aplikasi berbasis VGI untuk mendukung pemetaan partisipatif melalui perangkat bergerak [4]. Meskipun demikian, sifat kontribusi yang terbuka menimbulkan persoalan mengenai kualitas dan kredibilitas informasi. Penelitian mengenai kualitas VGI menunjukkan bahwa heterogenitas sumber, karakteristik kontributor, dan metode pengumpulan data dapat memengaruhi kualitas informasi yang dihasilkan [5], [6]. Goodchild dan Li menjelaskan bahwa kualitas VGI dapat ditingkatkan melalui

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*. Page 199
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Journal of Information System Research (JOSH)
ISSN 2686-228X (media online)
Volume 8, No. 1, Oktober 2026, pp 199−212
DOI 10.47065/josh.v8i1.11009
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/josh/

beberapa pendekatan, termasuk mekanisme sosial yang melibatkan kontribusi atau pemeriksaan dari pengguna lain [7]. Dengan demikian, informasi yang berasal dari masyarakat memerlukan mekanisme pemeriksaan agar setiap kontribusi tidak secara langsung dianggap sebagai informasi yang telah terverifikasi.

Selain kualitas data, karakteristik sumber kontribusi menjadi aspek yang perlu diperhatikan dalam sistem berbasis crowdsourcing. Ghasemi Nejad et al. mengembangkan pendekatan untuk menilai reliabilitas kontributor VGI berdasarkan faktor implisit yang diperoleh dari aktivitas kontributor [8]. Hal tersebut menunjukkan bahwa penilaian terhadap informasi hasil crowdsourcing tidak hanya berkaitan dengan banyaknya kontribusi, tetapi juga dengan sumber yang menghasilkan kontribusi tersebut. Dalam konteks pelaporan kejadian, beberapa laporan yang dikirim berulang kali oleh sumber yang sama perlu dibedakan dari laporan yang berasal dari sumber berbeda. Pembedaan sumber diperlukan agar peningkatan dukungan terhadap suatu kejadian tidak semata-mata disebabkan oleh banyaknya laporan yang masuk dari sumber yang sama.

Informasi lokasi juga menjadi komponen penting dalam sistem pelaporan berbasis partisipasi masyarakat. Fonte et al. mengembangkan metode geolokasi kejadian dengan memanfaatkan kontribusi warga yang dikumpulkan melalui perangkat bergerak [9]. Sadeghi-Bazargani et al. mengembangkan dan mengevaluasi sistem pelaporan keselamatan berbasis komunitas yang memungkinkan masyarakat berpartisipasi dalam penyampaian informasi mengenai kondisi atau kejadian tertentu [10]. Sementara itu, Diallo et al. mengembangkan sistem pelaporan insiden berbasis partisipasi masyarakat untuk mendukung pengumpulan informasi kejadian [11]. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa perangkat bergerak dan partisipasi masyarakat memiliki potensi dalam mendukung pengumpulan informasi kejadian. Namun, informasi yang diperoleh melalui kontribusi masyarakat tetap memerlukan mekanisme yang dapat menghubungkan laporan dengan informasi lokasi serta melakukan pemeriksaan terhadap kontribusi yang diberikan.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis hubungan spasial antarlokasi adalah Algoritma Haversine. Algoritma ini digunakan untuk menghitung jarak antara dua titik koordinat berdasarkan nilai garis lintang dan garis bujur. Husada et al. menerapkan Algoritma Haversine dalam sistem berbasis lokasi untuk menentukan jarak geografis antara pengguna dengan suatu titik tujuan [12]. Penerapan lainnya dilakukan oleh Prasojo dan Cahyaningtyas dengan mengombinasikan GPS dan Algoritma Haversine untuk menghitung jarak posisi perangkat pengguna terhadap titik koordinat yang telah ditentukan serta melakukan validasi berdasarkan radius lokasi [13]. Penggunaan Algoritma Haversine pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa perhitungan jarak dapat dimanfaatkan sebagai bagian dari proses validasi berbasis lokasi. Dalam konteks pelaporan aksi massa, prinsip kedekatan spasial tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi laporan yang berada pada area berdekatan sehingga laporan-laporan tersebut dapat dianalisis sebagai laporan yang berpotensi merujuk pada kejadian yang sama.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem yang berkaitan dengan crowdsourcing, pelaporan masyarakat, informasi geografis, dan verifikasi informasi. Hidayat et al. menerapkan pendekatan crowdsourcing berbasis lokasi untuk menghimpun informasi dari pengguna [14]. Kharisma et al. mengembangkan sistem pelaporan yang melibatkan proses verifikasi administrator terhadap informasi yang disampaikan oleh pengguna [15]. Pada aspek teknologi aplikasi, Arsa et al. menerapkan Progressive Web App (PWA) dan sistem informasi geografis dalam pengembangan layanan berbasis lokasi yang dapat diakses melalui perangkat bergerak [16]. Selain itu, penelitian mengenai pelaporan berbasis partisipasi masyarakat juga telah dilakukan oleh Sadeghi-Bazargani et al. [10], Diallo et al. [11], dan Liu et al. [17], sedangkan Fonte et al. memanfaatkan kontribusi pengguna dalam memperoleh informasi geografis suatu kejadian [9]. Penelitian lain juga memanfaatkan parameter jarak dan spatial clustering sebagai bagian dari penilaian kredibilitas informasi VGI pada konteks pelaporan bencana [18]. Berbagai penelitian tersebut menunjukkan bahwa crowdsourcing, informasi geografis, teknologi berbasis web, dan proses verifikasi telah dimanfaatkan untuk mendukung pengumpulan dan pengelolaan informasi berbasis lokasi.

Penelitian terkait yang ditinjau dalam artikel ini cenderung menangani aspek-aspek tersebut secara terpisah. Penelitian kualitas VGI [5], [6], [7], [8] membahas penilaian kualitas data dan reliabilitas kontributor. Foody et al. [19] membagikan pengalaman proyek LandSense dalam penjaminan kualitas data tutupan dan penggunaan lahan yang dihasilkan warga, yang mencakup pemeriksaan kualitas foto, akurasi posisi, dan akurasi kategori. Bai et al. [20] mengkaji kontribusi VGI pada OpenStreetMap di tiga kota dan menemukan bahwa sebagian kecil pengguna menyumbang sebagian besar data, sehingga penilaian kualitas perlu memperhitungkan beragam kontribusi. Kedua penelitian tersebut berfokus pada data tutupan lahan dan data peta, bukan pada pelaporan kejadian aksi massa. Pada sistem pelaporan partisipatif, Kharisma et al. [15] melibatkan verifikasi administrator terhadap laporan pengguna, sedangkan Safariallahkheili dan Reza [18] memanfaatkan parameter jarak dan spatial clustering untuk menilai kredibilitas VGI pada konteks pelaporan bencana. Penerapan Algoritma Haversine oleh Husada et al. [12] serta Prasojo dan Cahyaningtyas [13] berfokus pada jarak perangkat terhadap titik acuan tetap. Dengan demikian, penelitian yang ditinjau belum menunjukkan mekanisme yang memadukan validasi asal lokasi perangkat, pengelompokan laporan berdasarkan kedekatan spasial antarlaporan, penghitungan dukungan berdasarkan sumber unik, dan moderasi administrator dalam satu alur untuk pelaporan aksi massa. Celah inilah yang ingin dijawab penelitian ini, dengan landasan pendekatan quality assurance VGI dari Goodchild dan Li [7].

Goodchild dan Li [7] menjelaskan bahwa pada pendekatan crowd-sourcing, satu laporan kejadian seperti kebakaran diperkuat oleh laporan tambahan dari titik yang sama atau berdekatan, sehingga kualitas dapat dinilai

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*. Page 200
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

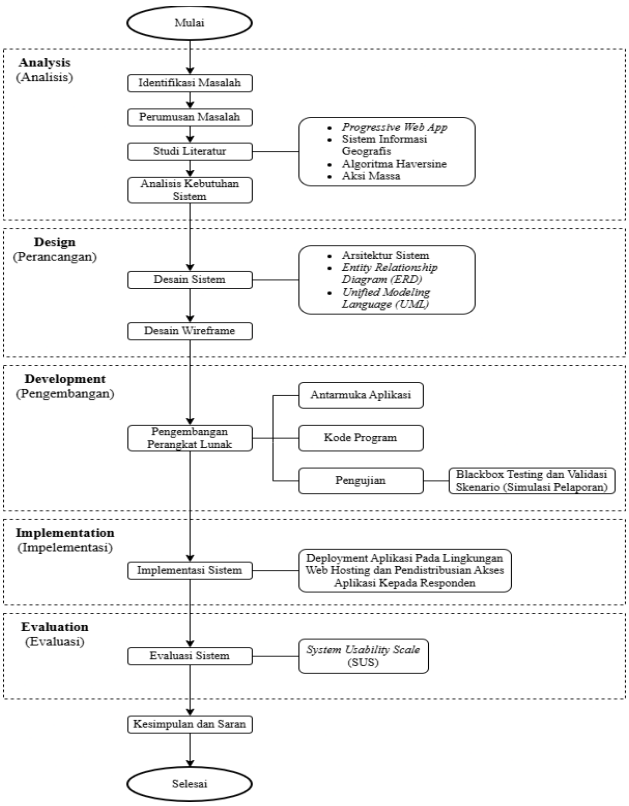
Journal of Information System Research (JOSH)
ISSN 2686-228X (media online)
Volume 8, No. 1, Oktober 2026, pp 199−212
DOI 10.47065/josh.v8i1.11009
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/josh/

dari jumlah laporan independen yang konsisten. Pada pendekatan sosial, individu tepercaya berperan sebagai moderator atau gate-keeper [7]. Penelitian ini menerapkan kedua prinsip tersebut pada aplikasi PetaAksi melalui mekanisme verifikasi bertingkat yang terdiri atas tiga tahapan. Tahap pertama berupa validasi asal lokasi menggunakan Geolocation API untuk memastikan laporan dikirim dengan informasi koordinat perangkat. Tahap kedua berupa analisis dukungan spasial menggunakan Algoritma Haversine untuk mengidentifikasi kedekatan antarlaporan dalam radius 100 meter. Laporan dalam kelompok spasial yang sama selanjutnya dibedakan berdasarkan sumber pelapor sehingga laporan berulang dari sumber yang sama tidak meningkatkan jumlah sumber pendukung. Tahap ketiga berupa moderasi administrator untuk menentukan keputusan akhir terhadap laporan. Tingkat dukungan spasial digunakan sebagai informasi pendukung dalam proses moderasi dan tidak digunakan sebagai penentu otomatis kebenaran suatu laporan.

Penelitian ini bertujuan merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi secara fungsional dan usability mekanisme verifikasi bertingkat pada pelaporan aksi massa menggunakan Geolocation API dan Algoritma Haversine, sebagai upaya mendukung pemeriksaan kredibilitas laporan dari masyarakat. Kontribusi penelitian ini adalah penerapan pendekatan quality assurance VGI [7] ke dalam rancangan mekanisme verifikasi tiga tingkat untuk pelaporan aksi massa, beserta implementasinya pada aplikasi PetaAksi dan evaluasi fungsional serta usability-nya. Pengujian dilakukan melalui black-box testing untuk menguji fungsionalitas sistem dan pengujian skenario untuk mengamati perilaku mekanisme verifikasi, sedangkan evaluasi dilakukan menggunakan System Usability Scale (SUS) pada masyarakat umum sebagai calon pengguna. Pengujian dan evaluasi ini terbatas pada aspek fungsional dan usability, tanpa pengujian efektivitas mekanisme pada kondisi aksi massa yang sesungguhnya serta tanpa pengukuran kuantitatif akurasi deteksi laporan palsu.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan model ADDIE sebagai kerangka tahapan penelitian yang terdiri atas Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation. Model ADDIE menyediakan tahapan pengembangan yang sistematis mulai dari proses analisis hingga evaluasi terhadap hasil yang dikembangkan [21]. Dalam penelitian ini, setiap tahapan disesuaikan dengan proses pengembangan aplikasi PetaAksi dan pengujian mekanisme verifikasi bertingkat pada pelaporan aksi massa. Tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian Menggunakan Model ADDIE

2.1 Tahapan Penelitian

Tahap Analysis pada Gambar 1 dilakukan dengan mengidentifikasi permasalahan dalam penyampaian informasi aksi massa yang tersebar melalui berbagai sumber serta kebutuhan terhadap informasi lokasi yang lebih terstruktur. Pada tahap ini juga dilakukan studi literatur mengenai Progressive Web App, sistem informasi geografis,

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*. Page 201
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Journal of Information System Research (JOSH)
ISSN 2686-228X (media online)
Volume 8, No. 1, Oktober 2026, pp 199−212
DOI 10.47065/josh.v8i1.11009
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/josh/

Algoritma Haversine, dan aksi massa sebagai landasan pengembangan sistem. Selanjutnya dilakukan identifikasi kebutuhan sistem, meliputi kebutuhan pelaporan berbasis lokasi, pemetaan laporan, pemeriksaan kedekatan antarlaporan, serta moderasi laporan oleh administrator. Hasil analisis digunakan sebagai dasar dalam menentukan fungsi utama dan mekanisme verifikasi yang diterapkan pada aplikasi.

Tahap Design pada Gambar 1 dilakukan dengan merancang sistem berdasarkan kebutuhan yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya. Perancangan mencakup arsitektur sistem, basis data, antarmuka pengguna, serta alur pelaporan dan verifikasi. Pada tahap ini dirancang mekanisme verifikasi bertingkat yang terdiri atas validasi asal lokasi, analisis dukungan spasial, dan moderasi administrator. Analisis dukungan spasial dirancang menggunakan Algoritma Haversine untuk menghitung jarak antarkoordinat laporan dan menentukan keterkaitan laporan berdasarkan kedekatan lokasi.

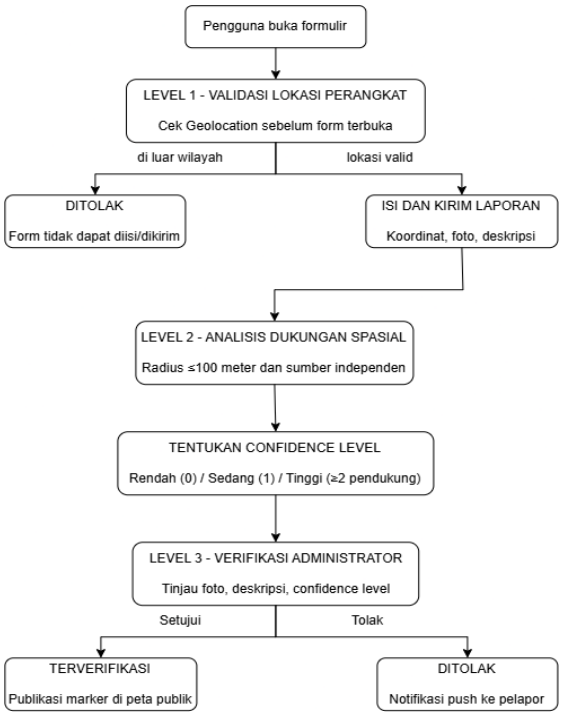
Tahap Development pada Gambar 1 merupakan proses pembangunan aplikasi PetaAksi berdasarkan rancangan yang telah dibuat. Aplikasi dikembangkan dalam bentuk Progressive Web App (PWA) dengan fitur utama berupa pemetaan aksi massa dan pelaporan berbasis lokasi. Pada tahap ini diimplementasikan Geolocation API untuk memperoleh koordinat perangkat pelapor serta Algoritma Haversine untuk menghitung jarak antarlaporan. Sistem juga mengimplementasikan mekanisme pembedaan sumber pelapor untuk mencegah laporan berulang dari sumber yang sama meningkatkan jumlah sumber pendukung. Setelah proses pengembangan, dilakukan black-box testing terhadap fungsi utama aplikasi dan pengujian skenario terhadap mekanisme verifikasi bertingkat untuk memastikan sistem memberikan keluaran sesuai dengan kondisi pelaporan yang diuji.

Tahap Implementation pada Gambar 1 dilakukan dengan melakukan deployment aplikasi sehingga dapat diakses melalui perangkat pengguna. Aplikasi yang telah dikembangkan kemudian didistribusikan kepada responden untuk digunakan dalam proses evaluasi. Responden diberikan akses terhadap aplikasi dan dapat mencoba fungsi utama yang tersedia sehingga memperoleh pengalaman penggunaan sebelum memberikan penilaian terhadap aplikasi.

Tahap Evaluation pada Gambar 1 dilakukan untuk mengukur tingkat kebergunaan aplikasi menggunakan metode System Usability Scale (SUS). Evaluasi dilakukan terhadap 32 responden setelah mereka memperoleh kesempatan untuk menggunakan aplikasi. Instrumen SUS terdiri atas sepuluh pernyataan dengan skala penilaian lima tingkat. Skor dari setiap responden kemudian dihitung menggunakan prosedur SUS untuk memperoleh nilai kebergunaan aplikasi secara keseluruhan [22], [23].

2.2 Mekanisme Verifikasi Bertingkat

Mekanisme verifikasi bertingkat diterapkan untuk melakukan pemeriksaan laporan sebelum informasi ditampilkan sebagai laporan terverifikasi kepada pengguna. Mekanisme ini terdiri atas tiga tahapan, yaitu validasi asal lokasi, analisis dukungan spasial, dan moderasi administrator. Setiap tahapan memiliki fungsi yang berbeda dalam proses pemeriksaan laporan. Validasi asal lokasi digunakan untuk memastikan laporan dikirim dengan informasi lokasi perangkat, analisis dukungan spasial digunakan untuk mengidentifikasi kedekatan antarlaporan serta dukungan dari sumber yang berbeda, sedangkan moderasi administrator digunakan untuk menentukan keputusan akhir terhadap laporan. Alur mekanisme verifikasi bertingkat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Mekanisme Verifikasi Bertingkat

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*. Page 202
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Journal of Information System Research (JOSH)
ISSN 2686-228X (media online)
Volume 8, No. 1, Oktober 2026, pp 199−212
DOI 10.47065/josh.v8i1.11009
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/josh/

Tahap pertama pada Gambar 2 adalah validasi asal lokasi. Pada tahap ini, aplikasi memanfaatkan Geolocation API untuk memperoleh koordinat geografis perangkat pengguna berupa nilai latitude dan longitude. Pengguna hanya dapat melanjutkan proses pengiriman laporan setelah aplikasi berhasil memperoleh koordinat perangkat dan lokasi tersebut berada dalam cakupan wilayah Indonesia. Apabila perangkat tidak mendukung layanan geolokasi, pengguna tidak memberikan izin akses lokasi, atau koordinat yang diperoleh berada di luar cakupan wilayah yang ditentukan, proses pelaporan tidak dapat dilanjutkan. Tahap ini digunakan untuk memastikan bahwa setiap laporan yang masuk memiliki informasi koordinat yang dapat digunakan pada proses analisis spasial berikutnya.

Tahap kedua pada Gambar 2 adalah analisis dukungan spasial. Koordinat laporan baru dibandingkan dengan laporan yang telah tersimpan menggunakan Algoritma Haversine untuk memperoleh jarak antarlokasi. Dalam penelitian ini digunakan radius 100meter sebagai batas kedekatan spasial. Apabila tidak ditemukan kelompok laporan dalam radius tersebut, laporan membentuk kelompok baru dan menjadi laporan utama dengan tingkat dukungan awal rendah. Sebaliknya, apabila laporan berada dalam radius kelompok yang telah terbentuk, laporan tersebut dikaitkan dengan kelompok yang sama untuk selanjutnya dilakukan pemeriksaan terhadap sumber pelapor.

Pemeriksaan sumber dilakukan untuk membedakan laporan yang berasal dari sumber baru dengan laporan berulang dari sumber yang sama. Pendekatan ini mengacu pada prinsip crowd-sourcing dalam quality assurance VGI, yaitu kualitas informasi dapat dinilai dari jumlah laporan independen yang konsisten [7]. Sebagai aproksimasi independensi sumber, sistem menggunakan pengenal perangkat (device_id) yang disimpan pada penyimpanan browser, sehingga masyarakat dapat berpartisipasi tanpa membuat akun. Pengenal ini mewakili sumber perangkat/browser dan tidak dimaksudkan sebagai identitas individu. Penghapusan penyimpanan browser, penggunaan mode penyamaran, atau pergantian browser dan perangkat dapat menghasilkan pengenal baru, sehingga satu pengguna dapat tercatat sebagai beberapa sumber. Oleh karena itu, tingkat dukungan tidak diperlakukan sebagai bukti kebenaran laporan, melainkan hanya sebagai informasi pendukung bagi administrator, dan keterbatasan ini dibahas pada Subbab 3.6.

Jumlah sumber pendukung selanjutnya digunakan untuk membentuk tiga kategori tingkat dukungan. Kelompok yang belum memperoleh sumber pendukung dikategorikan rendah, kelompok dengan satu sumber pendukung dikategorikan sedang, sedangkan kelompok dengan dua atau lebih sumber pendukung dikategorikan tinggi. Kategori tersebut tidak digunakan untuk menyatakan bahwa suatu laporan secara otomatis benar atau salah. Tingkat dukungan berfungsi sebagai informasi tambahan bagi administrator untuk melihat adanya laporan dari sumber berbeda pada area yang berdekatan. Pendekatan tersebut sejalan dengan prinsip quality assurance pada VGI yang memanfaatkan kontribusi dari beberapa sumber sebagai salah satu informasi dalam proses pemeriksaan kualitas [7], [8].

Tahap terakhir pada Gambar 2 adalah moderasi administrator. Administrator melakukan pemeriksaan terhadap laporan dengan mempertimbangkan informasi yang dikirimkan pengguna serta hasil analisis dukungan spasial. Administrator dapat memberikan keputusan berupa memverifikasi laporan, menolak laporan, atau menggabungkan laporan yang berkaitan. Laporan yang telah diverifikasi kemudian dapat ditampilkan sebagai informasi terverifikasi pada peta publik. Dengan demikian, keputusan akhir tidak dilakukan secara otomatis berdasarkan tingkat dukungan spasial, tetapi tetap melibatkan administrator sebagai gatekeeper. Pendekatan moderasi tersebut sesuai dengan konsep social approach dalam quality assurance VGI yang menempatkan individu tepercaya sebagai pihak yang melakukan pemeriksaan terhadap kontribusi [7].

2.3 Algoritma Haversine

Algoritma Haversine digunakan untuk menghitung jarak antara koordinat laporan baru dengan koordinat laporan yang menjadi acuan pada kelompok laporan. Perhitungan dilakukan berdasarkan nilai latitude dan longitude dari kedua titik sehingga sistem dapat menentukan apakah laporan berada dalam batas kedekatan spasial yang telah ditetapkan. Algoritma Haversine banyak digunakan pada sistem berbasis lokasi karena memungkinkan perhitungan jarak antara dua koordinat geografis dengan mempertimbangkan kelengkungan bumi [12], [13]. Persamaan Haversine yang digunakan ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$d = 2r \arcsin\left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{\varphi_2-\varphi_1}{2}\right) + \cos(\varphi_1)\cos(\varphi_2)\sin^2\left(\frac{\lambda_2-\lambda_1}{2}\right)}\right) \quad (1)$$

dengan d merupakan jarak antara dua laporan, r merupakan jari-jari bumi sebesar 6.371.000 meter, φ_1 dan φ_2 merupakan lintang titik pertama dan kedua, sedangkan λ_1 dan λ_2 merupakan bujur titik pertama dan kedua dalam satuan radian.

Pengelompokan laporan berdasarkan kedekatan spasial mengacu pada prinsip bahwa suatu laporan diperkuat oleh laporan lain dari titik yang sama atau berdekatan [7]. Batas kedekatan spasial ditetapkan sebesar 100 meter dengan dua pertimbangan. Pertama, ketidakpastian posisi pada perangkat bergerak di lingkungan perkotaan, karena pengukuran GNSS pada smartphone dapat menurun akurasinya akibat efek multipath dan non-line-of-sight (NLOS) [24], dengan galat yang dilaporkan dapat melebihi 50 m pada lembah perkotaan [25] dan mencapai puluhan hingga ratusan meter pada lingkungan dengan multipath tinggi [26]. Kedua, karakteristik aksi massa yang berlangsung pada satu titik atau area terpusat, sehingga laporan dari peserta atau pengamat pada aksi

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*. Page 203
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Journal of Information System Research (JOSH)
ISSN 2686-228X (media online)
Volume 8, No. 1, Oktober 2026, pp 199−212
DOI 10.47065/josh.v8i1.11009
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/josh/

yang sama diperkirakan berada pada jarak yang berdekatan. Nilai 100 meter merupakan toleransi spasial yang dipilih pada penelitian ini, belum divalidasi melalui pengukuran maupun pengamatan lapangan, dan tidak dimaksudkan mewakili aksi yang bergerak atau tersebar pada area luas.

Perhitungan jarak pada tahap ini tidak digunakan untuk menentukan kebenaran laporan secara langsung. Algoritma Haversine hanya berfungsi sebagai mekanisme untuk menentukan keterkaitan spasial antarlaporan. Setelah keterkaitan tersebut diperoleh, sistem melakukan pemeriksaan terhadap sumber laporan sebagaimana dijelaskan pada mekanisme verifikasi bertingkat. Dengan demikian, analisis dukungan spasial mengombinasikan dua komponen, yaitu kedekatan geografis dan keberadaan sumber pendukung yang berbeda.

2.4 Metode Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi fungsionalitas aplikasi, perilaku mekanisme verifikasi bertingkat, dan tingkat kebergunaan aplikasi dari perspektif pengguna. Pengujian terdiri atas black-box testing, pengujian skenario mekanisme verifikasi, dan System Usability Scale (SUS). Ketiga pengujian tersebut digunakan untuk mengevaluasi sistem dari aspek yang berbeda, yaitu kesesuaian fungsi terhadap keluaran yang diharapkan, respons mekanisme verifikasi terhadap kondisi pelaporan yang berbeda, serta persepsi pengguna terhadap kebergunaan aplikasi. Pengujian dilakukan pada skenario terkontrol dan melalui penilaian responden, tanpa pengujian efektivitas pada kondisi aksi massa yang sesungguhnya, tanpa pengujian ketahanan terhadap manipulasi pengenal perangkat atau lokasi, dan tanpa pengukuran akurasi posisi pada perangkat pelapor.

2.4.1 Black-Box Testing

Black-box testing digunakan untuk menguji fungsi aplikasi berdasarkan masukan dan keluaran tanpa meninjau struktur internal program. Pengujian dilakukan terhadap fungsi utama yang berkaitan dengan proses pelaporan dan pengelolaan laporan, meliputi akses lokasi perangkat, pengiriman laporan, penampilan laporan pada peta, proses verifikasi oleh administrator, serta fungsi lain yang mendukung alur penggunaan aplikasi. Setiap skenario pengujian diberikan masukan tertentu dan keluaran aktual dibandingkan dengan keluaran yang diharapkan. Fungsi dinyatakan berhasil apabila keluaran yang dihasilkan sesuai dengan hasil yang diharapkan.

2.4.2 Pengujian Skenario Mekanisme Verifikasi Bertingkat

Pengujian skenario dilakukan untuk mengevaluasi perilaku mekanisme verifikasi bertingkat ketika menerima laporan dalam kondisi yang berbeda. Pengujian difokuskan pada analisis dukungan spasial dengan memberikan beberapa laporan yang memiliki variasi jarak dan sumber pelapor. Skenario mencakup pembentukan kelompok oleh laporan pertama, penambahan laporan dari sumber berbeda dalam radius 100 meter, pengiriman laporan berulang dari sumber yang sama, serta pengiriman laporan di luar batas radius. Pengujian digunakan untuk memastikan bahwa sistem dapat membedakan sumber pendukung serta menentukan tingkat dukungan berdasarkan jumlah sumber berbeda pada kelompok spasial yang sama. Laporan tanpa sumber pendukung memiliki tingkat dukungan rendah, laporan dengan satu sumber pendukung memiliki tingkat dukungan sedang, sedangkan laporan dengan dua atau lebih sumber pendukung memiliki tingkat dukungan tinggi. Pengujian ini juga memastikan bahwa laporan berulang dari sumber yang sama tidak meningkatkan jumlah sumber pendukung.

2.4.3 System Usability Scale (SUS)

Pengujian kebergunaan dilakukan menggunakan System Usability Scale (SUS) terhadap 32 responden setelah responden memperoleh kesempatan untuk menggunakan aplikasi. SUS terdiri atas sepuluh pernyataan dengan pilihan jawaban menggunakan skala Likert lima tingkat, dari 1 (strongly disagree) hingga 5 (strongly agree) [22]. Perhitungan dilakukan dengan mengurangi skor jawaban sebesar 1 pada pernyataan bernomor ganjil, sedangkan untuk pernyataan bernomor genap skor kontribusi diperoleh dengan mengurangi nilai 5 dengan skor jawaban. Seluruh skor kontribusi kemudian dijumlahkan dan dikalikan dengan 2,5 sehingga diperoleh skor SUS pada rentang 0–100 [22], [23]. Skor SUS masing-masing responden selanjutnya dirata-ratakan untuk memperoleh nilai kebergunaan aplikasi secara keseluruhan. Hasil perhitungan tersebut kemudian diinterpretasikan untuk menggambarkan tingkat penerimaan dan kebergunaan aplikasi.

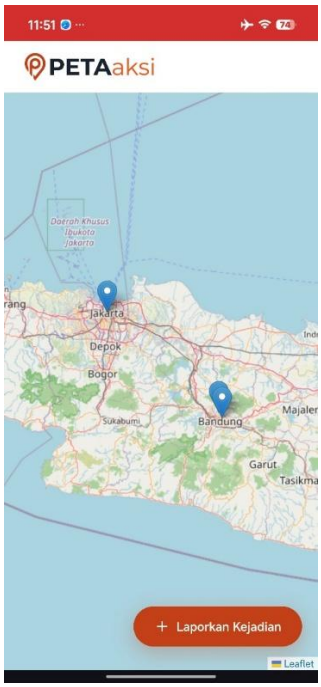
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Implementasi Sistem

Hasil penelitian berupa aplikasi PetaAksi yang dikembangkan sebagai Progressive Web App (PWA) untuk mendukung pelaporan dan pemetaan informasi aksi massa berbasis partisipasi masyarakat. Aplikasi menyediakan dua sisi penggunaan, yaitu antarmuka publik bagi masyarakat sebagai pelapor dan antarmuka administrator untuk melakukan pengelolaan serta moderasi laporan. Pada antarmuka publik, pengguna dapat melihat persebaran laporan aksi massa melalui peta digital, melihat informasi laporan, dan mengirimkan laporan berdasarkan lokasi perangkat. Sementara itu, administrator dapat melihat laporan yang masuk beserta informasi pendukungnya sebelum menentukan keputusan terhadap laporan.

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*. Page 204
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Journal of Information System Research (JOSH)
ISSN 2686-228X (media online)
Volume 8, No. 1, Oktober 2026, pp 199−212
DOI 10.47065/josh.v8i1.11009
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/josh/



Gambar 3. Tampilan Peta Informasi Aksi Massa

Seperti ditunjukkan pada Gambar 3, informasi laporan divisualisasikan dalam bentuk penanda pada peta sehingga pengguna dapat mengetahui lokasi kejadian secara spasial. Penggunaan antarmuka berbasis peta ditujukan agar informasi tidak hanya disajikan dalam bentuk teks, tetapi juga dikaitkan langsung dengan lokasi geografis kejadian. Pendekatan ini menghubungkan informasi kejadian langsung dengan posisi geografisnya.

Proses pelaporan dimulai ketika pengguna membuka formulir laporan. Sebelum formulir dapat digunakan, aplikasi meminta akses terhadap lokasi perangkat melalui Geolocation API. Koordinat yang berhasil diperoleh digunakan sebagai lokasi laporan dan selanjutnya menjadi masukan dalam proses analisis spasial. Mekanisme tersebut membuat informasi lokasi laporan tidak hanya bergantung pada lokasi yang dituliskan secara manual oleh pengguna. Apabila koordinat tidak dapat diperoleh atau berada di luar cakupan wilayah pelaporan, pengguna tidak dapat melanjutkan proses pengiriman laporan.



Gambar 4. Tampilan Formulir Pelaporan Berbasis Lokasi

Gambar 4 menunjukkan antarmuka pelaporan yang digunakan untuk mengirimkan informasi kejadian. Selain koordinat perangkat, laporan dapat dilengkapi dengan informasi pendukung berupa deskripsi dan foto

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*. Page 205
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Journal of Information System Research (JOSH)
ISSN 2686-228X (media online)
Volume 8, No. 1, Oktober 2026, pp 199−212
DOI 10.47065/josh.v8i1.11009
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/josh/

kejadian. Setelah laporan dikirim, data tidak langsung diperlakukan sebagai informasi terverifikasi. Laporan terlebih dahulu masuk ke dalam proses verifikasi bertingkat untuk memperoleh informasi dukungan spasial dan selanjutnya diperiksa oleh administrator.

Implementasi berbasis PWA memungkinkan fungsi utama aplikasi diakses melalui peramban pada perangkat bergerak tanpa mengharuskan pengguna memasang aplikasi melalui application store. Pada PetaAksi, karakteristik tersebut digunakan untuk mempermudah akses masyarakat terhadap fungsi pemetaan dan pelaporan melalui satu aplikasi berbasis web.

3.2 Hasil Implementasi Verifikasi Bertingkat

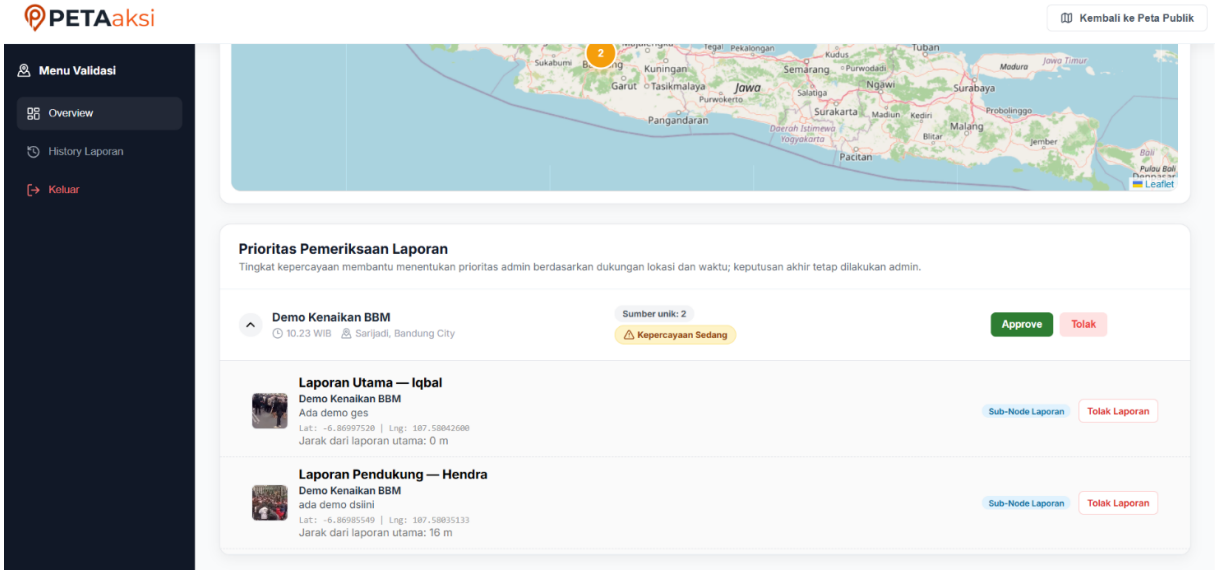
Mekanisme verifikasi bertingkat berhasil diimplementasikan melalui tiga proses yang saling berurutan, yaitu validasi asal lokasi, analisis dukungan spasial, dan moderasi administrator. Tahapan tersebut menghasilkan alur pemeriksaan yang tidak hanya bergantung pada satu indikator. Lokasi perangkat digunakan sebagai dasar awal pelaporan, kedekatan antarlaporan digunakan untuk membentuk hubungan spasial, sedangkan keberadaan sumber berbeda digunakan untuk menentukan tingkat dukungan terhadap kelompok laporan sebelum keputusan akhir dilakukan oleh administrator.

Pada tahap validasi asal lokasi, aplikasi memperoleh koordinat latitude dan longitude melalui Geolocation API. Koordinat tersebut selanjutnya diperiksa agar berada dalam cakupan wilayah Indonesia sebelum pengguna dapat melanjutkan pengiriman laporan. Hasil implementasi menunjukkan bahwa informasi koordinat yang diperoleh pada tahap ini dapat diteruskan sebagai masukan bagi Algoritma Haversine pada proses berikutnya. Dengan demikian, validasi asal lokasi tidak menentukan kebenaran isi laporan, tetapi memastikan tersedianya informasi geografis yang dibutuhkan untuk melakukan analisis spasial.

Setelah laporan diterima, Algoritma Haversine menghitung jarak laporan baru terhadap acuan kelompok laporan yang telah tersimpan. Apabila jarak berada dalam batas 100 meter, laporan dapat dikaitkan dengan kelompok spasial yang sama. Sebaliknya, laporan yang tidak memiliki kelompok dalam batas tersebut membentuk kelompok baru. Mekanisme ini membuat laporan yang berada pada lokasi berdekatan dapat dianalisis sebagai laporan yang berpotensi merujuk pada kejadian yang sama.

Setelah keterkaitan spasial ditentukan, sistem melakukan pemeriksaan terhadap sumber laporan. Setiap perangkat memiliki pengenal yang disimpan pada browser dan digunakan sebagai representasi sumber pelapor. Laporan pertama yang membentuk kelompok diperlakukan sebagai laporan utama. Apabila terdapat laporan berikutnya dalam kelompok yang sama dan berasal dari sumber yang belum tercatat, laporan tersebut menjadi sumber pendukung. Sebaliknya, laporan berikutnya dari sumber yang telah tercatat tetap dapat disimpan sebagai informasi tambahan, tetapi tidak meningkatkan jumlah sumber pendukung.

Mekanisme tersebut menjadi pembeda penting antara jumlah laporan dan jumlah sumber pendukung. Sebagai contoh, apabila satu sumber mengirimkan beberapa laporan pada kelompok yang sama, laporan tambahan tersebut tidak menyebabkan tingkat dukungan terus meningkat. Tingkat dukungan baru meningkat apabila terdapat laporan dari sumber berbeda yang memenuhi kedekatan spasial yang ditentukan. Dengan demikian, banyaknya kontribusi tidak diperlakukan secara langsung sebagai banyaknya sumber independen.



Gambar 5. Informasi Dukungan Spasial pada Dashboard Administrator

Informasi jumlah sumber pendukung kemudian dikategorikan menjadi tiga tingkat. Kelompok tanpa sumber pendukung memperoleh tingkat dukungan rendah, kelompok dengan satu sumber pendukung memperoleh tingkat dukungan sedang, sedangkan kelompok dengan dua atau lebih sumber pendukung memperoleh tingkat dukungan tinggi. Informasi tersebut ditampilkan pada dashboard administrator sebagaimana ditunjukkan pada

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*. Page 206
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Journal of Information System Research (JOSH)
ISSN 2686-228X (media online)
Volume 8, No. 1, Oktober 2026, pp 199−212
DOI 10.47065/josh.v8i1.11009
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/josh/

Gambar 5 sehingga administrator dapat mengetahui tingkat dukungan yang diperoleh setiap kelompok laporan. Pada tampilan dashboard di Gambar 5, jumlah sumber unik mencakup pelapor utama dan pelapor pendukung, sehingga dua sumber unik berarti satu sumber pendukung, tingkat dukungan berkategori sedang.

Hal yang perlu ditekankan adalah kategori rendah, sedang, dan tinggi tidak merepresentasikan probabilitas kebenaran laporan. Kategori tersebut menunjukkan banyaknya sumber berbeda yang memberikan dukungan pada area spasial yang sama. Pemisahan tersebut diperlukan agar analisis spasial tidak menggantikan proses verifikasi manusia. Pada PetaAksi, informasi dukungan spasial digunakan sebagai informasi pendukung, sedangkan keputusan akhir tetap dilakukan melalui moderasi administrator.

Administrator dapat memeriksa informasi laporan dan dukungan spasial sebelum menentukan tindakan terhadap laporan. Laporan dapat diverifikasi apabila dinilai layak ditampilkan, ditolak apabila tidak memenuhi hasil pemeriksaan, atau digabungkan apabila beberapa laporan berkaitan dengan kejadian yang sama. Dengan demikian, mekanisme yang diterapkan tidak menggunakan aturan seperti "dukungan tinggi berarti laporan otomatis terverifikasi". Pemisahan antara analisis otomatis dan keputusan administrator digunakan untuk mempertahankan peran moderasi terhadap informasi hasil crowdsourcing.

3.3 Hasil Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional dilakukan menggunakan metode black-box testing untuk mengevaluasi kesesuaian fungsi sistem berdasarkan masukan dan keluaran yang dihasilkan tanpa meninjau struktur internal kode program. Pengujian mencakup fungsi utama pada sisi pelapor, tiga tahap verifikasi, fungsi pendukung, serta kemampuan Progressive Web App (PWA). Secara keseluruhan, pengujian terdiri atas 28 skenario yang dikelompokkan ke dalam sembilan kelompok pengujian. Rekapitulasi hasil pengujian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Pengujian Black-Box

No	Kelompok Pengujian	Jumlah Skenario	Hasil
1	Fitur Pelapor	4	Valid
2	Verifikasi Level 1 (Validasi Lokasi Perangkat)	3	Valid
3	Verifikasi Level 2 (Analisis Dukungan Spasial)	4	Valid
4	Pengiriman Laporan	6	Valid
5	Login Administrator	4	Valid
6	Verifikasi Level 3 (Administrator)	3	Valid
7	Notifikasi Push	2	Valid
8	Riwayat Laporan	1	Valid
9	Fitur PWA (Service Worker)	1	Valid
Total	9 kelompok pengujian	28	Valid

Berdasarkan Tabel 1, seluruh 28 skenario pengujian pada sembilan kelompok fungsi memperoleh hasil sesuai dengan keluaran yang diharapkan dan dinyatakan valid. Hasil tersebut menunjukkan bahwa fungsi pelapor, validasi lokasi, analisis dukungan spasial, moderasi administrator, notifikasi, riwayat laporan, dan kemampuan PWA dapat berjalan sesuai rancangan. Pada fitur PWA, halaman dan data yang telah tersimpan dalam cache tetap dapat diakses tanpa koneksi internet, sedangkan pengiriman laporan baru tetap memerlukan koneksi ke server. Pengujian ini menilai kesesuaian fungsi terhadap keluaran yang diharapkan sehingga menjawab pertanyaan apakah sistem berjalan sesuai rancangan, bukan apakah mekanisme verifikasi secara akurat membedakan laporan benar dari laporan palsu. Hasil black-box testing menunjukkan kesesuaian fungsi terhadap skenario yang diuji dan tidak dimaksudkan untuk mengukur akurasi numerik Algoritma Haversine maupun kebenaran faktual laporan.

3.4 Hasil Pengujian Skenario Pelaporan dan Verifikasi

Pengujian skenario dilakukan untuk mengevaluasi perilaku mekanisme verifikasi bertingkat pada enam kondisi pelaporan yang melibatkan variasi lokasi, sumber pelapor, dan keputusan administrator. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Skenario Pelaporan dan Verifikasi

No.	Skenario	Hasil Pengujian
1	Pelaporan tunggal	Laporan membentuk kelompok dengan 0 sumber pendukung dan tingkat dukungan rendah
2	Beberapa pelapor pada lokasi berdekatan	Laporan dikelompokkan dalam radius 100 m; penambahan sumber berbeda meningkatkan tingkat dukungan dari rendah, sedang, hingga tinggi
3	Lokasi perangkat tidak tersedia	Formulir pelaporan tidak dapat digunakan dan proses pelaporan dihentikan
4	Pelaporan pada lokasi berbeda	Laporan dengan jarak >100 m tidak menjadi pendukung dan diperlakukan sebagai kelompok berbeda

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Journal of Information System Research (JOSH)
ISSN 2686-228X (media online)
Volume 8, No. 1, Oktober 2026, pp 199−212
DOI 10.47065/josh.v8i1.11009
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/josh/

No.	Skenario	Hasil Pengujian
5	Administrator menyetujui laporan	Status berubah menjadi verified, notifikasi dikirim, dan laporan ditampilkan pada peta publik
6	Administrator menolak laporan	Status berubah menjadi rejected, notifikasi dikirim, dan laporan tidak ditampilkan pada peta publik

Berdasarkan Tabel 2, mekanisme verifikasi bertingkat menghasilkan perilaku sesuai dengan kondisi setiap skenario. Laporan tunggal membentuk kelompok dengan tingkat dukungan rendah, sedangkan penambahan sumber berbeda dalam radius 100 meter meningkatkan tingkat dukungan menjadi sedang dan tinggi. Laporan di luar radius tersebut diperlakukan sebagai kelompok berbeda, sementara ketiadaan lokasi perangkat menghentikan proses pelaporan. Pada tahap moderasi, keputusan administrator mengubah status laporan serta menentukan pengiriman notifikasi dan penayangan laporan pada peta publik. Sebagai contoh, pada Gambar 5, laporan pendukung berjarak sekitar 16 meter dari laporan utama sehingga masuk ke kelompok yang sama (radius 100 meter) dan menghasilkan tingkat dukungan sedang.

3.5 Hasil Evaluasi System Usability Scale (SUS)

Evaluasi usability dilakukan menggunakan System Usability Scale (SUS) terhadap 32 responden setelah menggunakan PetaAksi. SUS digunakan untuk memperoleh gambaran persepsi pengguna terhadap kemudahan penggunaan sistem. Hasil perhitungan menunjukkan skor rata-rata SUS sebesar 74,76. Distribusi hasil berdasarkan adjective rating disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Ringkasan Hasil Evaluasi SUS

Kategori	Rentang Skor	Jumlah Responden	Persentase
Excellent	>80,3	11	34,40%
Good	68–80,3	8	25,00%
OK	51–67,9	12	37,50%
Poor	<51	1	3,10%
Total		32	100%

Berdasarkan Tabel 3, sebanyak 19 dari 32 responden (59,4%) berada pada kategori Good dan Excellent, sedangkan 13 responden (40,6%) berada pada kategori OK dan Poor. Skor rata-rata SUS sebesar 74,76 termasuk dalam Grade B dan berada di atas nilai 71,4 yang digunakan sebagai acuan kategori Good. Hasil tersebut menunjukkan bahwa PetaAksi secara umum memperoleh penilaian usability yang baik, meskipun variasi penilaian responden menunjukkan masih terdapat ruang untuk penyempurnaan antarmuka dan pengalaman pengguna. Penilaian dilakukan oleh masyarakat umum sebagai calon pengguna pada kondisi pengujian biasa, bukan pada situasi aksi massa yang sesungguhnya.

3.6 Pembahasan

Hasil implementasi dan pengujian menunjukkan bahwa mekanisme verifikasi bertingkat pada PetaAksi dapat mengintegrasikan informasi lokasi perangkat, kedekatan spasial antarlaporan, pembedaan sumber pendukung, dan moderasi administrator dalam satu alur pelaporan berbasis crowdsourcing. Berbeda dengan sistem pelaporan yang hanya menerima dan menampilkan informasi dari pengguna, laporan pada PetaAksi melalui tiga tahapan sebelum menjadi informasi terverifikasi. Tahap pertama memastikan tersedianya koordinat perangkat sebagai informasi spasial laporan. Tahap kedua menganalisis kedekatan antarlaporan menggunakan Algoritma Haversine dan membentuk tingkat dukungan berdasarkan sumber berbeda pada kelompok spasial yang sama. Tahap ketiga menempatkan administrator sebagai pengambil keputusan akhir terhadap laporan sebelum informasi dipublikasikan pada peta.

Pendekatan tersebut berkaitan dengan karakteristik Volunteered Geographic Information (VGI). Goodchild dan Li [7] menjadi landasan konseptual mekanisme ini. Pada pendekatan crowd-sourcing, satu laporan kejadian diperkuat oleh laporan tambahan dari titik yang berdekatan, sedangkan pendekatan sosial menempatkan individu tepercaya sebagai moderator. Penelitian yang lebih baru menunjukkan bahwa kualitas VGI dipengaruhi oleh heterogenitas sumber dan karakteristik kontributor [5], [6], dan reliabilitas kontributor dapat dinilai dari faktor implisit aktivitasnya [8]. Foody et al. [19] menunjukkan bahwa penjaminan kualitas data warga mencakup pemeriksaan akurasi posisi, yang relevan dengan keterbatasan PetaAksi bahwa radius 100 meter belum divalidasi secara empiris. Bai et al. [20] menunjukkan bahwa kontribusi pengguna pada VGI tidak merata, sehingga banyaknya data belum tentu mencerminkan banyaknya kontributor. Temuan tersebut sejalan dengan pembedaan sumber pada PetaAksi, yang tidak menghitung dukungan dari jumlah laporan semata, meskipun konteks penelitiannya berbeda. Temuan pada PetaAksi sejalan dengan arah tersebut karena pembedaan sumber menjadi dasar tingkat dukungan, dan moderasi administrator tetap menjadi keputusan akhir. Namun, PetaAksi tidak menjadikan banyaknya kontribusi sebagai bukti mutlak kebenaran suatu laporan. Informasi tersebut digunakan sebagai indikator dukungan yang membantu administrator dalam melakukan pemeriksaan sebelum mengambil keputusan akhir.

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*. Page 208
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Journal of Information System Research (JOSH)
ISSN 2686-228X (media online)
Volume 8, No. 1, Oktober 2026, pp 199−212
DOI 10.47065/josh.v8i1.11009
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/josh/

Hasil pengujian skenario pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa tingkat dukungan dapat berubah sesuai dengan jumlah sumber berbeda yang memberikan laporan dalam kelompok spasial yang sama. Laporan pertama memperoleh tingkat dukungan rendah karena belum memiliki sumber pendukung. Kehadiran satu sumber berbeda dalam radius 100 meter meningkatkan tingkat dukungan menjadi sedang, sedangkan keberadaan sedikitnya dua sumber pendukung menghasilkan tingkat dukungan tinggi. Mekanisme tersebut membedakan jumlah laporan dengan jumlah sumber pendukung, sehingga pengiriman laporan berulang dari sumber yang telah tercatat tidak dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat dukungan. Dengan pendekatan tersebut, tingkat dukungan merepresentasikan adanya konfirmasi spasial dari sumber perangkat/browser yang berbeda, bukan sekadar banyaknya laporan yang tersimpan pada sistem. Hal ini sejalan dengan gagasan bahwa kualitas dapat dinilai dari jumlah laporan independen yang konsisten [7], dengan catatan bahwa independensi pada PetaAksi hanya didekati melalui sumber perangkat/browser.

Penggunaan Algoritma Haversine pada penelitian ini memiliki fungsi yang berbeda dari sejumlah implementasi sebelumnya. Husada et al. [12] menerapkan Haversine pada sistem informasi geografis untuk menentukan jarak menuju rumah sakit rujukan, sedangkan Prasojo dan Cahyaningtyas [13] memadukan GPS dan Haversine pada sistem absensi untuk menentukan kesesuaian posisi berdasarkan radius tertentu. Kedua penelitian tersebut menunjukkan pemanfaatan Haversine sebagai metode perhitungan jarak geografis. Pada PetaAksi, Haversine tidak digunakan untuk pencarian lokasi terdekat maupun menentukan kehadiran terhadap satu titik tetap, melainkan untuk menganalisis kedekatan spasial antarlaporan masyarakat. Laporan yang berada dalam radius 100 meter dapat dianalisis sebagai bagian dari kelompok yang sama, sedangkan laporan di luar radius tersebut membentuk kelompok yang berbeda. Hasil skenario lokasi berbeda menunjukkan bahwa mekanisme tersebut berjalan sesuai dengan rancangan. Dengan demikian, kontribusi penggunaan Haversine dalam penelitian ini terletak pada penerapannya sebagai komponen analisis dukungan spasial dalam proses verifikasi laporan berbasis crowdsourcing.

Meskipun demikian, kedekatan spasial tidak dapat digunakan secara mandiri untuk menentukan kebenaran suatu laporan. Dua atau lebih laporan yang berada pada lokasi berdekatan belum tentu menggambarkan kejadian yang benar, sehingga tingkat dukungan rendah, sedang, dan tinggi pada PetaAksi tidak dapat disamakan dengan kategori benar atau salah. Hal tersebut menjadi alasan Verifikasi Level 3 tetap melibatkan administrator. Hasil pengujian menunjukkan bahwa administrator dapat meninjau laporan berstatus pending, memberikan keputusan verified atau rejected, serta memicu penyampaian notifikasi hasil moderasi kepada pelapor. Pendekatan tersebut menempatkan hasil analisis otomatis sebagai informasi pendukung keputusan, bukan pengganti proses pemeriksaan manusia.

Aspek lain yang perlu diperhatikan adalah mekanisme pembedaan sumber. PetaAksi menggunakan device_id yang disimpan pada browser untuk membedakan sumber laporan tanpa mewajibkan masyarakat membuat akun. Pendekatan ini mendukung kemudahan partisipasi, tetapi memiliki keterbatasan karena device_id tidak dapat dianggap sebagai identitas pengguna yang absolut. Penghapusan penyimpanan browser atau penggunaan browser maupun perangkat yang berbeda dapat menghasilkan pengenal baru untuk pengguna yang sama. Oleh karena itu, mekanisme yang dikembangkan lebih tepat dipahami sebagai pembedaan sumber perangkat/browser, bukan verifikasi identitas individu. Hal ini berarti independensi sumber, yang menjadi dasar pendekatan crowd-sourcing [7], hanya didekati dan belum dijamin. Keterbatasan tersebut menunjukkan bahwa tingkat dukungan yang dihasilkan sistem merupakan indikator dukungan berbasis sumber teknis yang teridentifikasi oleh aplikasi.

Dari sisi implementasi, hasil black-box testing terhadap 28 skenario menunjukkan bahwa seluruh fungsi yang diuji memberikan keluaran sesuai dengan hasil yang diharapkan. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa ketiga tahap verifikasi dapat dijalankan bersama dengan fungsi pelaporan, pengelolaan laporan oleh administrator, notifikasi, riwayat laporan, dan kemampuan PWA. Namun, keberhasilan pengujian black-box hanya menunjukkan kesesuaian fungsi terhadap skenario yang diuji dan tidak menunjukkan tingkat akurasi numerik Haversine, ketahanan terhadap manipulasi lokasi, keamanan sistem, maupun performa aplikasi pada jumlah pengguna yang besar. Batasan tersebut penting karena pengujian penelitian memang difokuskan pada fungsionalitas dan usability, sedangkan pengujian keamanan dan kinerja skala besar menjadi bagian yang masih dapat dikembangkan pada penelitian berikutnya.

Dari perspektif pengguna, evaluasi SUS terhadap 32 responden menghasilkan rata-rata skor 74,76 dan termasuk dalam Grade B. Sebanyak 59,4% responden berada pada kategori Good dan Excellent, sedangkan 40,6% lainnya berada di bawah skor 68. Skor tersebut melampaui nilai acuan kategori Good [22]. Hasil tersebut menunjukkan bahwa PetaAksi secara umum memperoleh penilaian usability yang baik, tetapi masih terdapat variasi pengalaman penggunaan antarpengguna. Dengan demikian, keberhasilan fungsional mekanisme verifikasi tidak menghilangkan kebutuhan untuk melakukan penyempurnaan pengalaman pengguna dan pengujian pada kelompok pengguna yang lebih luas.

Dibandingkan dengan penelitian lima tahun terakhir, PetaAksi memiliki kesamaan dan perbedaan. Kharisma et al. [15] melibatkan administrator dalam memverifikasi laporan pengguna, dan peran serupa dijalankan administrator pada PetaAksi, dengan tambahan informasi dukungan spasial dan pembedaan sumber sebagai bahan pertimbangan. Penelitian pada konteks pelaporan bencana [18] memanfaatkan parameter jarak dan spatial clustering untuk menilai kredibilitas VGI, sedangkan PetaAksi menerapkan kedekatan spasial pada pelaporan aksi

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*. Page 209
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Journal of Information System Research (JOSH)
ISSN 2686-228X (media online)
Volume 8, No. 1, Oktober 2026, pp 199−212
DOI 10.47065/josh.v8i1.11009
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/josh/

massa dan tidak mengukur akurasinya. Fonte et al. [9] memanfaatkan data perangkat bergerak warga untuk menggeolokasi kejadian, sedangkan PetaAksi menerima koordinat perangkat pelapor melalui Geolocation API tanpa memperkirakan lokasi kejadian. Dari sisi teknologi, penggunaan PWA untuk layanan berbasis lokasi pada perangkat bergerak [16] serta tampilan berbasis peta yang menghubungkan kejadian dengan posisi geografisnya [11], [27] juga ditemukan pada PetaAksi. Karena penelitian-penelitian tersebut tidak memakai skenario evaluasi yang sama, perbandingan dilakukan secara kualitatif.

Secara keseluruhan, perbedaan utama penelitian ini dibandingkan penelitian terdahulu terletak pada integrasi tiga tahapan verifikasi dalam konteks pelaporan aksi massa berbasis crowdsourcing. Sistem tidak hanya memperoleh lokasi perangkat atau menghitung jarak geografis, tetapi menggabungkan validasi lokasi perangkat, pengelompokan laporan berdasarkan kedekatan spasial, pembedaan sumber pendukung, pembentukan tingkat dukungan, dan moderasi administrator sebelum laporan dipublikasikan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mekanisme tersebut dapat dijalankan sesuai dengan rancangan sistem. Dengan demikian, kontribusi penelitian ini bukan berupa metode baru untuk menghitung jarak geografis, melainkan penerapan dan integrasi mekanisme verifikasi bertingkat untuk mendukung pemeriksaan kredibilitas laporan aksi massa yang berasal dari kontribusi masyarakat.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, evaluasi dibatasi pada pengujian fungsional, pengujian skenario terkontrol, dan penilaian usability, sehingga metrik akurasi mekanisme verifikasi seperti precision, recall, dan false positive rate dalam membedakan laporan benar dari laporan palsu tidak diukur. Kedua, penilaian dilakukan oleh masyarakat umum sebagai calon pengguna tanpa pengujian lapangan pada aksi massa yang sesungguhnya. Ketiga, pembedaan sumber berbasis device_id pada browser dapat dimanipulasi sehingga belum menjamin independensi sumber. Keempat, radius 100 meter merupakan toleransi spasial yang dipilih dan belum divalidasi secara empiris pada berbagai bentuk aksi massa. Kelima, pengujian keamanan, ketahanan terhadap manipulasi lokasi, dan kinerja pada jumlah pengguna besar belum dilakukan. Penelitian selanjutnya dapat membangun data laporan berlabel untuk mengukur precision, recall, dan false positive rate, menguji sensitivitas radius, serta memperkuat identifikasi sumber.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan quality assurance VGI dari Goodchild dan Li ke dalam PetaAksi, sebuah Progressive Web App pelaporan dan pemetaan aksi massa berbasis crowdsourcing, melalui mekanisme verifikasi tiga tahap, yaitu validasi lokasi perangkat menggunakan Geolocation API, analisis dukungan spasial menggunakan Algoritma Haversine, dan moderasi administrator sebagai keputusan akhir. Pada tahap analisis spasial, laporan dikelompokkan dalam radius 100 meter, sedangkan tingkat dukungan ditentukan berdasarkan jumlah sumber perangkat/browser berbeda pada kelompok yang sama, yaitu rendah tanpa sumber pendukung, sedang dengan satu sumber pendukung, dan tinggi dengan dua atau lebih sumber pendukung. Tingkat dukungan hanya menjadi informasi pendukung bagi administrator dan tidak menentukan kebenaran laporan. Hasil black-box testing menunjukkan bahwa seluruh 28 skenario berjalan sesuai keluaran yang diharapkan, pengujian skenario menunjukkan bahwa sistem dapat membedakan laporan berdasarkan kedekatan spasial dan sumber pendukung serta menjalankan proses persetujuan dan penolakan, dan evaluasi System Usability Scale terhadap 32 responden menghasilkan rata-rata skor 74,76 (Grade B). Dengan demikian, mekanisme yang dirancang dapat dijalankan sesuai rancangan dan memperoleh penilaian usability yang baik, tetapi penelitian ini tidak mengukur akurasi deteksi laporan palsu, tidak dilakukan pada kondisi aksi massa yang sesungguhnya, dan masih bergantung pada pembedaan sumber berbasis browser serta radius 100 meter yang belum divalidasi secara empiris. Penelitian selanjutnya dapat mengukur precision, recall, dan false positive rate menggunakan data laporan berlabel, menguji sensitivitas radius dan ketahanan terhadap manipulasi lokasi, serta memperkuat identifikasi sumber pelapor.

5. PERNYATAAN PENULIS

5.1 Kontribusi Penulis

Konseptualisasi: Muhammad Iqbal Fadhilah, Yudi Ahmad Hambali, dan Ani Anisyah;
Metodologi: Muhammad Iqbal Fadhilah, Yudi Ahmad Hambali, dan Ani Anisyah;
Perangkat Lunak: Muhammad Iqbal Fadhilah, Yudi Ahmad Hambali, dan Ani Anisyah;
Validasi: Muhammad Iqbal Fadhilah, Yudi Ahmad Hambali, dan Ani Anisyah;
Analisis Formal: Muhammad Iqbal Fadhilah, Yudi Ahmad Hambali, dan Ani Anisyah;
Investigasi: Muhammad Iqbal Fadhilah, Yudi Ahmad Hambali, dan Ani Anisyah;
Sumber Daya: Muhammad Iqbal Fadhilah, Yudi Ahmad Hambali, dan Ani Anisyah;
Kurasi Data: Muhammad Iqbal Fadhilah, Yudi Ahmad Hambali, dan Ani Anisyah;
Penulisan Draf Awal: Muhammad Iqbal Fadhilah, Yudi Ahmad Hambali, dan Ani Anisyah;
Penulisan, Peninjauan, dan Penyuntingan: Muhammad Iqbal Fadhilah, Yudi Ahmad Hambali, dan Ani Anisyah;
Visualisasi: Muhammad Iqbal Fadhilah, Yudi Ahmad Hambali, dan Ani Anisyah;

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*. Page 210
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Journal of Information System Research (JOSH)
ISSN 2686-228X (media online)
Volume 8, No. 1, Oktober 2026, pp 199−212
DOI 10.47065/josh.v8i1.11009
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/josh/

Seluruh penulis telah membaca dan menyetujui versi manuskrip yang telah diterbitkan.

5.2 Ketersediaan Data

Data yang disajikan dalam penelitian ini tersedia berdasarkan permintaan kepada penulis korespondensi.

5.3 Pendanaan

Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal.

5.4 Pernyataan Dewan Peninjau Institusional

Tidak Berlaku (Not applicable).

5.5 Pernyataan Persetujuan Berdasarkan Informasi

Tidak Berlaku (Not applicable).

5.6 Pernyataan Konflik Kepentingan

Para penulis menyatakan bahwa mereka tidak memiliki kepentingan keuangan yang bersaing atau hubungan pribadi yang diketahui yang dapat dianggap memengaruhi pekerjaan yang dilaporkan dalam artikel ini.

5.7 Penggunaan AI Generatif dan Teknologi Berbantuan AI dalam Proses Penulisan

Para penulis menggunakan AI Generatif untuk meningkatkan kejelasan penulisan dalam artikel ini. Para penulis telah meninjau dan menyunting konten yang dihasilkan dengan bantuan AI serta bertanggung jawab penuh atas versi akhir publikasi.

REFERENCES

[1] S. S. Ivanovic and R. Purves, “Effects of traffic perturbations on bike sharing demand – a case study of public transport strikes and protests in Paris,” Agil. GIScience Ser, vol. 3, no. 39, 2022, doi: 10.5194/agile-giss-3-39-2022.
[2] S. Savitzky and J. Cidell, “Whose Streets ? Roadway Protests and Weaponised Automobility,” Antipode, vol. 55, no. 5, pp. 1479–1495, 2022, doi: 10.1111/anti.12818.
[3] D. Burghardt, E. Demidova, and D. A. Keim, Volunteered Geographic Information. 2024. doi: 10.1007/978-3-031-35374-1.
[4] R. M. Anshori, G. Samodra, D. Mardiatno, and J. Sartohadi, “Volunteered geographic information mobile application for participatory landslide inventory mapping,” Comput. Geosci., vol. 161, no. February, p. 105073, 2022, doi: 10.1016/j.cageo.2022.105073.
[5] G. Bordogna, “A Semantic Approach for Quality Assurance and Assessment of Volunteered Geographic Information,” Information, vol. 12, no. 12, 2021, doi: 10.3390/info12120492.
[6] S. Honarparvar, M. R. Malek, S. Saeedi, and S. Liang, “Towards Development of a Real-Time Point Feature Quality Assessment Method for Volunteered Geographic Information Using the Internet of Things,” Int. J. Geo-Information, vol. 10, no. 3, 2021, doi: 10.3390/ijgi10030151.
[7] M. F. Goodchild and L. Li, “Assuring the quality of volunteered geographic information,” Spat. Stat., vol. 1, pp. 110–120, 2012, doi: 10.1016/j.spasta.2012.03.002.
[8] R. G. Nejad, R. A. Abbaspour, and A. Chehreghan, “Assesing The Reliability of Contributors in VGI Using Implicit Factors,” ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci., vol. X–4, no. W1-2022, 2023, doi: 10.5194/isprs-annals-X-4-W1-2022-215-2023.
[9] C. Fonte, A. Cardoso, J. Estima, and I. Jesus, “Remotely geolocating static events observed by citizens using data collected by mobile devices,” Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf., vol. 135, no. February, 2024, doi: 10.1016/j.jag.2024.104287.
[10] H. Sadeghi-Bazargani, M. Golestani, M. Saadati, B. Samadirad, and S. Azami-Aghdash, “A Community-Based Safety Reporting System; Development , Implementation , and Evaluation : An Experience of Safe Communities in,” Med. J. Islam. Repub. Iran, vol. 38, no. 14, 2024, doi: 10.47176/mjiri.38.14.
[11] E. Diallo, R. Abdallah, M. Dib, and O. Dib, “Decentralized Incident Reporting : Mobilizing Urban Communities with Blockchain,” Smart Cities, vol. 7, no. 4, pp. 2283–2317, 2024, doi: 10.3390/smartcities7040090.
[12] C. Husada, K. D. Hartomo, and H. P. Chernovita, “Implementasi haversine formula untuk pembuatan SIG jarak terdekat ke RS Rujukan COVID-19,” J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi), vol. 4, no. 5, 2021, doi: 10.29207/resti.v4i5.2255.
[13] G. A. Prasojo and C. Cahyaningtyas, “Implementasi Algoritma Haversine Formula Dengan Global Positioning System Pada Sistem Absensi Pegawai,” J. Komput. Teknol. Inf. Sist. Komput., vol. 4, no. 2, pp. 598–607, 2025, doi: 10.62712/juktisi.v4i2.469.
[14] S. Hidayat, S. Sakaria, and B. K. Kristanto, “Aplikasi Berbasis Crowdsourcing Guna Mengetahui Kondisi Jalan Di Kota Malang,” J-Intech, vol. 9, no. 01, pp. 42–46, 2021, doi: 10.32664/j-intech.v9i01.591.
[15] I. L. Kharisma, A. K. Arrahman, Hermanto, and Kamdan, “KERUSAKAN JALAN DI WILAYAH KECAMATAN BAYONGBONG,” Ris. Tek. Inform. dan Komput., vol. 3, no. 3, pp. 150–159, 2021, doi: 10.52005/restikom.v3i3.94.
[16] M. F. Arsa, A. S. Abdullah, and J. Rejito, “Pengembangan Sistem Informasi Geografis Kebun Binatang Berbasis Progressive Web Application (PWA) dengan Metode Prototype (Studi Kasus Kebun Binatang Bandung),” J. Nas.

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*. Page 211
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Journal of Information System Research (JOSH)
ISSN 2686-228X (media online)
Volume 8, No. 1, Oktober 2026, pp 199−212
DOI 10.47065/josh.v8i1.11009
https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/josh/

Teknol. dan Sist. Inf., vol. 7, no. 3, pp. 119–129, 2021, doi: 10.25077/TEKNOSI.v7i3.2021.119-129.
[17] Z. Liu, U. Bhandaram, and N. Garg, "Quantifying spatial under-reporting disparities in resident crowdsourcing," Nat. Comput. Sci., vol. 4, 2024, doi: 10.1038/s43588-023-00572-6.
[18] Q. Safariallahkheili and M. Reza, "A method for assessing the credibility of volunteered geographic information in case of flood crisis," Procedia Comput. Sci., vol. 207, pp. 1611–1622, 2022, doi: 10.1016/j.procs.2022.09.218.
[19] G. Foody, G. Long, and M. Schultz, "Assuring the quality of VGI on land use and land cover : experiences and learnings from the LandSense project," Geo-spatial Inf. Sci., vol. 27, no. 1, pp. 16–37, 2024, doi: 10.1080/10095020.2022.2100285.
[20] A. Bai, M. Satarpour, and F. Mohebbi, "Digital Crowdsourcing and VGI: impact on information quality and business intelligence," Spat. Inf. Res., vol. 32, 2024, doi: 10.1007/s41324-024-00572-2.
[21] F. Hidayat and M. Nizar, "Model ADDIE (Analysis , Design , Development , Implementation and Evaluation) dalam pembelajaran pendidikan Agama Islam," J. Inov. Pendidik. Agama Islam, vol. 1, no. 1, pp. 28–38, 2021, doi: 10.15575/jipai.v1i1.11042.
[22] J. R. Lewis, "The System Usability Scale : Past , Present , and Future," Int. J. Human–Computer Interact., vol. 00, no. 00, pp. 1–14, 2018, doi: 10.1080/10447318.2018.1455307.
[23] E. I. Prayoga and T. Kristiana, "Evaluasi usability pada aplikasi HRMWINCORP menggunakan metode System Usability Scale (SUS)," JITET (Jurnal Inform. dan Tek. Elektro Ter., vol. 12, no. 2, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4094.
[24] D. Weng, Z. Hou, Y. Meng, M. Cai, and Y. Chan, "Characterization and mitigation of urban GNSS multipath effects on smartphones," Measurement, vol. 223, 2023, doi: 10.1016/j.measurement.2023.113766.
[25] H. Ng and L. Hsu, "Urban positioning : 3D mapping-aided GNSS using dual-frequency pseudorange measurements from smartphones," NAVIGATION, vol. 68, no. 4, pp. 727–749, 2021, doi: 10.1002/navi.448.
[26] G. Shinghal and S. Bisnath, "Conditioning and PPP processing of smartphone GNSS measurements in realistic environments," Satell. Navig., vol. 2, no. 10, 2021, doi: 10.1186/s43020-021-00042-2.
[27] W. Kresse and D. Danko, Springer Handbook of Geographic Information. Springer Cham, 2022. doi: 10.1007/978-3-030-53125-6.

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*. Page 212
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.