

PENERAPAN METODE HAVERSINE PADA SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PENENTUAN KELAYAKAN ZONASI SEKOLAH BERBASIS ANDROID

Artika Rahayu¹, Arief Tri Arsanto^{2*}

^{1,2} Fakultas Teknik. Universitas Yudharta Pasuruan

Email: artikarahayu99@gmail.com, arief_inf@yudharta.ac.id*

ABSTRACT

The implementation of the zoning policy in Indonesia's New Student Admission (PPDB) aims to ensure equitable access to education. However, discrepancies between public distance calculations and the official straight-line (great-circle) distance standard often lead to misunderstandings. This study aims to design and implement an Android-based Geographic Information System (GIS) for determining school zoning eligibility using the Haversine method. The research employed an applied research approach with the Waterfall software development model, consisting of requirements analysis, system design, implementation, testing, and maintenance. The application was developed using Flutter, Google Maps API, and Firebase Firestore as the database platform. System functionality was evaluated through Black Box Testing, while the accuracy of the Haversine calculation was validated by comparison with manual calculations. The results indicate that the application successfully determines zoning eligibility based on a maximum distance of 5 km, displays user and school locations in real time, and achieves high computational accuracy with an error rate of only 0.16% compared to manual calculations. The integration of the Haversine method with geospatial technologies enhances the transparency and objectivity of school zoning assessment. Therefore, the developed system provides an effective alternative for prospective students to access fast, accurate, and reliable zoning eligibility information through Android devices.

Keywords: *Geographic Information System, Haversine, School Zoning, Android, Flutter.*

ABSTRAK

Penerapan sistem zonasi pada Penerimaan Peserta Didik Baru (PPDB) bertujuan mewujudkan pemerataan akses pendidikan, namun masih menimbulkan permasalahan akibat perbedaan metode perhitungan jarak antara pengguna dan ketentuan resmi yang menggunakan garis lurus (great-circle distance). Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis Android untuk menentukan kelayakan zonasi sekolah menggunakan metode Haversine. Penelitian menggunakan pendekatan penelitian terapan dengan metode pengembangan perangkat lunak Waterfall, meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Aplikasi dikembangkan menggunakan Flutter, Google Maps API, serta Firebase Firestore sebagai basis data. Pengujian dilakukan menggunakan Black Box Testing untuk menguji fungsionalitas sistem dan validasi hasil perhitungan Haversine melalui perbandingan dengan perhitungan manual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi mampu menentukan kelayakan zonasi berdasarkan jarak maksimal 5 km secara otomatis, menampilkan lokasi sekolah dan pengguna secara real-time, serta menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi dengan nilai galat sebesar 0,16% dibandingkan perhitungan manual. Integrasi metode Haversine dengan teknologi geospasial berhasil

meningkatkan transparansi dan objektivitas dalam penentuan kelayakan zonasi sekolah. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat menjadi alternatif pendukung bagi calon peserta didik dalam memperoleh informasi kelayakan zonasi secara cepat, akurat, dan mudah diakses melalui perangkat Android.

Kata kunci: Sistem Informasi Geografis, Haversine, Zonasi Sekolah, Android, Flutter.

1. Pendahuluan

Diberlakukannya aturan zonasi oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi menandai pergeseran mendasar dalam tata kelola Penerimaan Peserta Didik Baru (PPDB) di Tanah Air. Regulasi ini dirancang demi menjamin pemerataan hak pendidikan yang adil bagi seluruh calon siswa tanpa membedakan latar belakang finansial maupun stereotip kualitas sekolah. Pada dasarnya, ketentuan ini mewajibkan sekolah negeri memprioritaskan calon murid yang tinggal paling dekat secara geografis dari lokasi sekolah.

Meski mengusung niat egalitarian, penerapan di lapangan kerap memicu perselisihan akibat ketidaksamaan standar dalam mengukur jarak lokasi. Sebagian besar wali murid mengandalkan peta digital populer (seperti fitur standar Google Maps) yang menghitung panjang rute jalan raya (*road distance*). Hasilnya sangat bervariasi karena terikat oleh kondisi lintasan, belokan rute, dan skema jalan. Padahal, petunjuk teknis PPDB menegaskan bahwa validasi zonasi wajib berpatokan pada garis lurus udara (*Great-Circle Distance*). Perbedaan acuan perhitungan inilah yang memicu kesalahpahaman, keraguan hasil seleksi, hingga prasangka ketidaknetralan panitia.

Sebagai jalan keluar atas hambatan tersebut, diperlukan Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis aplikasi mobile.

Memanfaatkan sensor GPS pada ponsel pintar Android, sistem mampu mengunci koordinat lintang dan bujur tempat tinggal calon siswa secara langsung dan akurat tanpa mengandalkan input manual yang rawan dimanipulasi. Untuk mengolah koordinat tersebut menjadi perkiraan jarak lurus bola bumi secara cepat pada perangkat smartphone yang kapasitas komputasinya terbatas, metode Haversine Formula menjadi pilihan paling efisien. Algoritma ini sanggup menyajikan tingkat presisi spasial yang tinggi namun tetap ringan dalam pemrosesan sistem.

Perancangan aplikasi penentu kelayakan zonasi ini dikembangkan secara cross-platform mengandalkan framework Flutter dan bahasa pemrograman Dart agar tampilan antarmuka berjalan mulus di berbagai perangkat. Pada bagian penyimpanan backend, pengelolaan data spasial sekolah didukung oleh sistem database cloud NoSQL dari Google, yaitu Firebase Firestore. Melalui perpaduan teknologi geografis secara real-time ini, perangkat lunak mampu menyaring sekaligus menampilkan batas radius wilayah aman pendaftaran (seperti batasan maksimal 5,0 km) secara visual pada layar pengguna. Berangkat dari urgensi tersebut, penelitian tugas akhir ini disusun dengan judul: "Penerapan Metode Haversine Pada Sistem Informasi Geografis Untuk Penentuan Kelayakan Zonasi Sekolah Berbasis Android"

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian terapan (applied research) dengan pendekatan pengembangan perangkat lunak menggunakan model Waterfall. Model ini dipilih karena memiliki tahapan yang sistematis dan terstruktur, sehingga sesuai untuk pengembangan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis Android dalam menentukan kelayakan zonasi sekolah menggunakan metode Haversine. Tahapan penelitian meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan.

Pada tahap analisis kebutuhan dilakukan identifikasi kebutuhan fungsional dan nonfungsional sistem berdasarkan proses penentuan zonasi sekolah. Tahap perancangan meliputi penyusunan arsitektur sistem, perancangan basis data, *use case diagram*, *activity diagram*, serta rancangan antarmuka pengguna (*user interface*). Implementasi sistem dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Dart dengan framework Flutter, memanfaatkan Google Maps API untuk layanan pemetaan dan Firebase Firestore sebagai media penyimpanan data.

Penentuan jarak antara lokasi pengguna dan sekolah dilakukan menggunakan metode Haversine, yaitu metode yang menghitung jarak terpendek pada permukaan bumi berdasarkan koordinat lintang (*latitude*) dan bujur (*longitude*). Hasil perhitungan tersebut digunakan untuk menentukan kelayakan zonasi berdasarkan batas maksimum jarak yang telah ditetapkan.

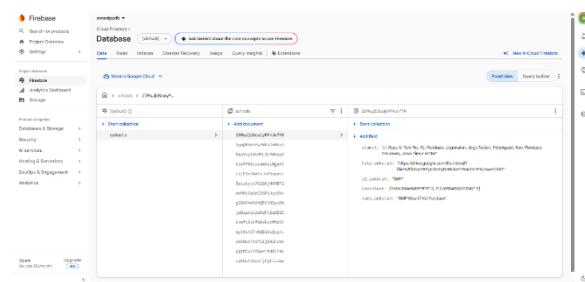
Pengujian sistem dilakukan menggunakan Black Box Testing untuk memastikan seluruh fungsi aplikasi berjalan sesuai kebutuhan. Selain itu, validasi perhitungan metode Haversine dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan

aplikasi terhadap perhitungan manual untuk mengukur tingkat akurasi sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur dapat berfungsi dengan baik dan menghasilkan tingkat kesalahan perhitungan yang sangat kecil, sehingga aplikasi dinilai layak digunakan sebagai media pendukung informasi kelayakan zonasi sekolah.

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

3.1 Hasil Struktur Database Firebase Firestore

Basis data sekolah berhasil dibangun di cloud Firebase Firestore pada kluster server *asia-southeast2*. Seluruh data koordinat sekolah negeri tingkat SMP dan SMA di Kecamatan Pandaan telah diinput secara presisi menggunakan format koordinat GeoPoint untuk memudahkan penarikan dokumen secara asinkron oleh aplikasi mobile.



Gambar 3.1 Database

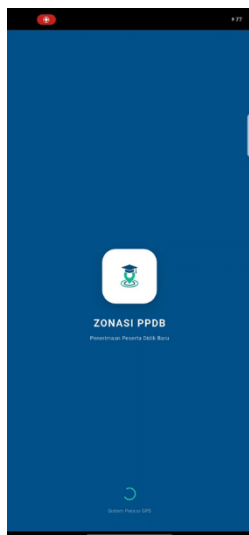
3.2 Implementasi Antarmuka Pengguna (User Interface)

Desain antarmuka pengguna (User Interface) pada aplikasi ini dikembangkan menggunakan kombinasi skema warna yang bersih dan profesional. Warna Biru Gelap (#005088) diterapkan pada bagian appbar/header sebagai representasi identitas akademik, latar belakang krem

(#F3F0DF) digunakan pada area beranda untuk menciptakan kenyamanan visual, serta warna aksen Hijau Emerald dan Merah Oranye dimanfaatkan sebagai penanda visual status kelayakan zonasi pendaftar. Berikut adalah rincian penjelasan implementasi antarmuka berdasarkan hasil tangkapan layar (screenshot) aplikasi:

3.2.1 Implementasi Halaman Splash Screen

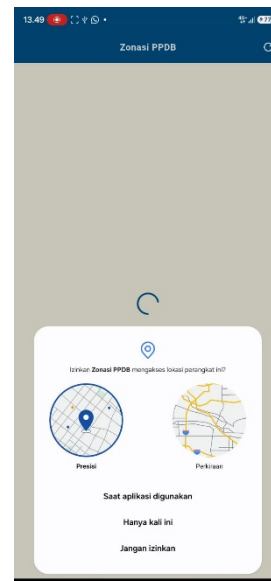
Saat aplikasi pertama kali dijalankan oleh pengguna, sistem secara otomatis menampilkan tampilan Splash Screen yang didominasi oleh warna biru gelap (deep blue). Halaman awal ini menyajikan logo ikonik berupa gabungan topi toga akademik dan pin marker peta tepat di bagian tengah layar, judul utama aplikasi "ZONASI PPDB", serta sub-judul "Penerimaan Peserta Didik Baru". Di bagian bawah antarmuka, terdapat indikator pemuatan (circular progress indicator) berwarna hijau beserta teks "Sistem Presisi GPS" yang menandakan bahwa aplikasi sedang memproses inisialisasi awal modul geolokalisasi gawai secara otomatis.



Gambar 3.2 *Splash Screen*

3.2.2 Implementasi Halaman Dialog GPS

Setelah pemuatan awal selesai, aplikasi menampilkan halaman Dialog Otorisasi GPS dengan latar belakang peta yang meredup di balik dialog pop-up native Android. Dialog ini memuat pesan pertanyaan "Izinkan Zonasi PPDB mengakses lokasi perangkat ini?" yang disertai dua pilihan mode akurasi lokasi, yaitu "Presisi" yang memanfaatkan sensor GPS fisik gawai dan "Perkiraan" yang menggunakan jaringan seluler. Pengguna disajikan tiga tombol opsi izin akses, yakni "Saat aplikasi digunakan", "Hanya kali ini", dan "Jangan izinkan". Pendaftar wajib memilih mode lokasi presisi dan menyetujui izin akses agar sistem dapat mengunci koordinat domisili tempat tinggal secara valid.

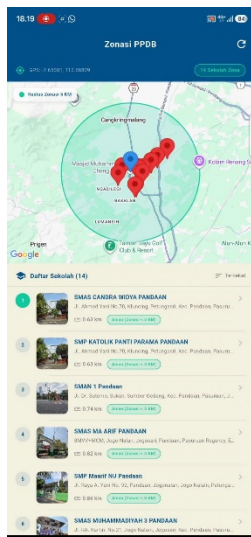


Gambar 3.3 Akses Lokasi

3.2.3 Implementasi Halaman Beranda Utama/ Main Dashboard

Setelah izin lokasi diberikan, pendaftar diarahkan ke halaman Beranda Utama yang membagi tata letak layar menjadi dua area proporsional. Bagian atas layar (40% tinggi

layar) menyajikan peta Google Maps interaktif yang berpusat pada koordinat GPS aktual pendaftar (ditandai dengan pin marker biru), lengkap dengan objek Circle Overlay lingkaran transparan berwarna hijau emerald ber-radius tepat 5.0 kilometer (5000 meter) serta marker merah untuk titik-titik lokasi sekolah. Bagian header atas menampilkan teks koordinat GPS aktual pendaftar (seperti: GPS: -7.65081, 112.68809) dan total sekolah terdeteksi (14 Sekolah Zona). Sementara itu, bagian bawah layar (60% tinggi layar) menyajikan daftar kartu sekolah yang diurutkan dari jarak terdekat (Terdekat), di mana setiap kartu memuat foto cover, nama sekolah (seperti SMAS CANDRA WIDYA PANDAAN, SMP KATOLIK PANTI PARAMA PANDAAN, dan SMAN 1 Pandaan), alamat lengkap, nilai jarak eksak hasil kalkulasi Haversine (0.63 km, 0.74 km), serta badge hijau bertuliskan Aman (Zonasi < 5 KM).

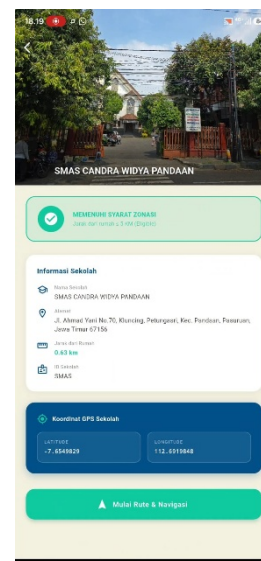


Gambar 3.4 Main Dashboard

3.2.4 Implementasi Halaman Detail Informasi Sekolah

Ketika pendaftar menekan salah satu kartu sekolah pada daftar beranda, aplikasi berpindah ke halaman Detail Informasi

Sekolah. Bagian teratas halaman ini menampilkan foto profil bangunan fisik sekolah secara utuh beserta judul nama sekolah (SMAS CANDRA WIDYA PANDAAN). Di bawah foto, terdapat banner indikator status berupa kartu hijau dengan ikon centang bertuliskan "MEMENUHI SYARAT ZONASI" dan keterangan "Jarak dari rumah ≤ 5 KM (Eligible)". Halaman detail ini juga menyajikan informasi rinci alamat sekolah, nilai jarak dari rumah (0.63 km), ID jenis sekolah (SMAS), serta kartu khusus latar biru gelap yang menampilkan titik koordinat GPS mutlak gerbang sekolah pada bidang Latitude (-7.6549829) dan Longitude (112.6919848). Di bagian paling bawah layar, disediakan tombol aksi utama berwarna hijau terang bertuliskan "Mulai Rute & Navigasi".

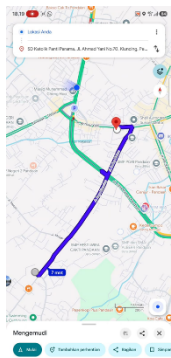


Gambar 3.5 Detail Screen

3.2.5 Implementasi Halaman Navigasi Rute Eksternal

Saat tombol "Mulai Rute & Navigasi" ditekan, sistem memicu fungsi intent paket url_launcher untuk berpindah secara otomatis ke aplikasi Google Maps Native Android. Titik awal perjalanan (Origin) secara otomatis terkunci pada "Lokasi Anda" (posisi

GPS pendaftar), sedangkan titik tujuan (Destination) terkunci pada nama dan koordinat sekolah sasaran. Layar navigasi secara instan memproyeksikan rute jalur jalan raya (road route) berwarna biru lengkap dengan estimasi waktu tempuh berkendara (misalnya: 7 mnt), sehingga memudahkan pendaftar maupun orang tua calon siswa untuk melakukan perjalanan fisik secara nyata menuju lokasi sekolah.



Gambar 3.6 Navigasi Screen

3.3 Implementasi Logika Algoritma Haversine pada Dart

Persamaan matematika trigonometri Haversine ditransformasikan ke dalam kelas utilitas Dart fungsional yang bersih dan terstruktur secara modular. Kode program dituliskan secara utuh sebagai berikut:

```

import 'dart:math' as math;

/// Menghitung jarak antara dua lokasi berdasarkan koordinat lintang dan bujur.
/// Menggunakan rumus Haversine.
/// Parameter:
/// - latitude1: lintang lokasi pertama (dalam derajat).
/// - longitude1: bujur lokasi pertama (dalam derajat).
/// - latitude2: lintang lokasi kedua (dalam derajat).
/// - longitude2: bujur lokasi kedua (dalam derajat).
/// Return:
/// - Jarak antara dua lokasi dalam kilometer.
double haversineDistance(double latitude1, double longitude1, double latitude2, double longitude2) {
  // Mengkonversi derajat ke radian
  double lat1 = latitude1 * math.pi / 180;
  double lon1 = longitude1 * math.pi / 180;
  double lat2 = latitude2 * math.pi / 180;
  double lon2 = longitude2 * math.pi / 180;

  // Menghitung selisih lintang dan bujur
  double deltaLat = lat2 - lat1;
  double deltaLon = lon2 - lon1;

  // Menghitung jarak menggunakan rumus Haversine
  double a = math.sin(deltaLat / 2).sqr() +
    math.cos(lat1) * math.cos(lat2) * math.sin(deltaLon / 2).sqr();
  double c = 2 * math.atan2(math.sqrt(a), math.sqrt(1 - a));

  // Menghitung jarak dalam kilometer
  double distance = c * 6371;

  return distance;
}

```

Gambar 3.6 Haversine Dart

3.4 Analisis dan Pengujian Perhitungan Metode Haversine

Guna mengonfirmasi validitas mutlak dari sistem kalkulasi jarak spasial yang ditanamkan pada gawai Android, dilakukan skenario pengujian komparatif komputasi sistem terhadap perhitungan manual teoretis.

3.4.1 Skenario Pengujian Perhitungan Spasial

- **Titik Koordinat Domisili Siswa (Masjid Cheng Hoo Pandaan):**
 - Latitude (ϕ_1): -7.641200°
 - Longitude (λ_1): 112.693800°
- **Titik Koordinat Sekolah Target (SMP Negeri 1 Pandaan):**
 - Latitude (ϕ_2): -7.618950°
 - Longitude (λ_2): 112.688420°

3.4.2 Langkah Perhitungan Manual Eksak

- **Menghitung selisih koordinat derajat ($\Delta\phi$ dan $\Delta\lambda$):**

$$\Delta\phi = -7.618950^\circ - (-7.641200^\circ) = 0.022250^\circ$$

$$\Delta\lambda = 112.688420^\circ - 112.693800^\circ = -0.005380^\circ$$

- **Mengonversi selisih dan posisi sudut derajat menjadi Radian (rad):**

$$\Delta\phi_{\text{rad}} = 0.022250^\circ \times \left(\frac{\pi}{180}\right) = 0.0003883358 \text{ rad}$$

$$\Delta\lambda_{\text{rad}} = -0.005380^\circ \times \left(\frac{\pi}{180}\right) = -0.0000938987 \text{ rad}$$

$$\begin{aligned}\phi_{1\text{rad}} &= -7.641200^\circ \times \left(\frac{\pi}{180}\right) \\ &= -0.1333638201 \text{ rad}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi_{2\text{rad}} &= -7.618950^\circ \times \left(\frac{\pi}{180}\right) \\ &= -0.1329754528 \text{ rad}\end{aligned}$$

- **Menghitung nilai kelestarian kuadrat kelengkungan permukaan bumi (a):**

$$\begin{aligned}a &= \sin^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) + \cos(\phi_{1\text{rad}}) \cdot \cos(\phi_{2\text{rad}}) \\ &\quad \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a &= \sin^2\left(\frac{0.0003883358}{2}\right) \\ &\quad + \cos(-0.1333638201) \\ &\quad \cdot \cos(-0.1329754528) \\ &\quad \cdot \sin^2\left(\frac{-0.0000938987}{2}\right)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a &= \sin^2(0.0001941679) \\ &\quad + \cos(-0.1333638201) \\ &\quad \cdot \cos(-0.1329754528) \\ &\quad \cdot \sin^2(-0.0000469493)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a &= (3.77009 \times 10^{-8}) + (0.9911295) \\ &\quad \cdot (0.9911812) \\ &\quad \cdot (2.20423 \times 10^{-9})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a &= 3.77009 \times 10^{-8} + 2.16548 \times 10^{-9} \\ &= 3.986638 \times 10^{-8}\end{aligned}$$

- **Menghitung jarak sudut angular (c):**

$$\begin{aligned}c &= 2 \cdot \operatorname{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sqrt{a} &= \sqrt{3.986638 \times 10^{-8}} \\ &= 0.0001996656\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sqrt{1-a} &= \sqrt{1 - 3.986638 \times 10^{-8}} \\ &\approx 0.99999998\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}c &= 2 \cdot \operatorname{atan2}(0.0001996656, 0.99999998) \\ &= 0.0003993312 \text{ rad}\end{aligned}$$

- **Menghitung Jarak Geodesi Akhir (d) dengan R = 6371 KM:**

$$d = R \cdot c$$

$$\begin{aligned}d &= 6371 \text{ KM} \times 0.0003993312 \text{ rad} \\ &= 2.544139 \text{ KM}\end{aligned}$$

Dari perhitungan manual diperoleh jarak eksak lintasan lurus udara antara domisili siswa dan SMP Negeri 1 Pandaan adalah 2.5441 KM.

4.2.3 Perbandingan Hasil Perhitungan Manual dan Sistem Android

Fungsi `HaversineUtils.calculate()` pada kode program Dart menghasilkan keluaran sebesar 2.54 KM di antarmuka home screen Android. Evaluasi persentase kesalahan komparatif dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Selisih Jarak} &= 2.5441 \text{ KM} - 2.5400 \text{ KM} \\ &= 0.0041 \text{ KM (4.1 meter)}\end{aligned}$$

Persentase Galat (Error Rate)

$$\begin{aligned}&= \left(\frac{0.0041}{2.5441}\right) \times 100\% \\ &= 0.16\%\end{aligned}$$

Rendahnya nilai galat (hanya 0.16%, jauh di bawah ambang batas toleransi kesalahan geospasial 1%) ini timbul murni akibat proses pembulatan desimal (*rounding*) dua angka di belakang koma untuk kebutuhan estetika UI. Hal ini membuktikan

bahwa algoritma matematika *Haversine* pada sistem gawai Android memiliki keandalan dan presisi yang sangat mutlak. Berdasarkan hasil akhir $2.54 \text{ KM} \leq 5.0 \text{ KM}$, sistem meloloskan berkas dengan badge hijau bertuliskan "Aman (Zonasi < 5 KM)".

3.5 Pembahasan Hasil Pengujian Fungsional (Blackbox Testing)

Pengujian aspek fungsional sistem dijalankan secara langsung pada ponsel fisik Samsung (Android 14) menggunakan instrumen uji fungsional *Blackbox Testing*:

No	Komponen Subsistem	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual Teramati	Status
1	Modul Geolokasi GPS	Aplikasi PPDB dibuka pertama kali dengan GPS gawai nonaktif.	Sistem memicu dialog peringatan agar user menyalakan GPS dan memberikan otorisasi lokasi.	Geolocator berhasil mendeteksi status GPS, menampilkan dialog pop-up otorisasi lokasi native Android.	BERHASIL
2	Koneksi Firebase Firestore	Membuka dashboard utama dengan internet seluler aktif.	Aplikasi mengunduh data geospasial sekolah, data nama, alamat, kuota, dan GeoPoint dari cloud server.	Seluruh field data sekolah berhasil di-fetch secara real-time dan ter-render tanpa lag pada listview.	BERHASIL
3	Rendering Maps & Radius Circle	Masuk halaman utama dashboard peta interaktif.	Google Maps menampilkan marker biru koordinat siswa, marker merah sekolah, serta lingkaran radius hijau 5 KM.	Tampilan maps termuat lancar, overlay circle batas aman zonasi ter-render secara simetris di sekitar kediaman siswa.	BERHASIL
4	Sorting & Filter Kelayakan	Memuat urutan kartu sekolah pada beranda bawah.	Daftar sekolah tersusunurut dari jarak terdekat dan badge warna kelayakan berubah sesuai hasil hitung Haversine.	Urutan kartu sekolah tersaring dari jarak terdekat, sekolah di bawah 5 KM berbadge hijau, sedangkan sekolah di atas 5 KM berbadge merah.	BERHASIL
5	Subsistem Intent Navigasi	Menekan tombol "Mulai Rute & Navigasi" pada detail sekolah.	Sistem memicu intent URL Launcher untuk meluncurkan peta eksternal.	Gawai Android berhasil meluncurkan Google Maps native eksternal dengan koordinat tujuan sekolah terkunci otomatis.	BERHASIL

3.6 Kinerja, Kelebihan, dan Keterbatasan Sistem

Aplikasi SIG PPDB Zonasi berbasis Android ini menunjukkan performa pemrosesan antarmuka yang sangat responsif dengan rendering peta mencapai 60fps konstan tanpa adanya gejala distorsi lag visual. Kombinasi Firebase Firestore NoSQL terbukti menyajikan elastisitas horizontal yang andal, memudahkan penambahan database koordinat sekolah baru di sisi server awan tanpa mewajibkan pendaftar memperbarui berkas aplikasi secara manual.

Kendati demikian, sistem ini memiliki keterbatasan teknis bawaan dari sifat mendasar *Haversine Formula*. Algoritma ini murni memproses kalkulasi garis lurus linear (*Great-Circle Distance*) yang mengabaikan rute fisik jalan raya nyata, arah satu jalur, topografi berliku, maupun kemacetan lalu lintas lokal. Walaupun demikian, untuk pematuhan regulasi PPDB jalur zonasi resmi di tingkat daerah/kecamatan, pendekatan Haversine merupakan metode yang paling valid, sah, dan efisien karena merepresentasikan keadilan administratif mutlak berdasarkan acuan komputasi jarak udara lurus geodesi secara instan tanpa membebani memori internal perangkat mobile pendaftar.

4. Kesimpulan

Berdasarkan seluruh hasil penelitian, perancangan, implementasi kode program, serta rangkaian pengujian spasial dan fungsional yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan ilmiah sebagai berikut:

1. Telah berhasil dirancang dan dibangun sebuah Sistem Informasi Geografis (SIG) kelayakan jalur zonasi PPDB berbasis Android menggunakan framework Flutter dan basis data NoSQL Cloud Firebase Firestore secara terstruktur melalui penerapan metodologi Waterfall.
2. Penerapan logika matematika *Haversine Formula* pada bahasa pemrograman Dart terbukti sangat efektif dan memiliki akurasi yang sangat mutlak untuk mengukur jarak geodesi lurus, menghasilkan tingkat galat (*error rate*) yang sangat minim sebesar 0.16% berdasarkan validasi komparatif dengan perhitungan manual eksak.
3. Integrasi subsistem Google Maps API dan tipe data geospasial *GeoPoint* pada Firebase Firestore berhasil menyajikan visualisasi batasan aman radius pendaftaran sejauh 5.0 kilometer secara transparan, dinamis, dan mandiri kepada calon pendaftar, sekaligus meminimalisir potensi manipulasi jarak.

5 Daftar Pustaka

- Fitriani, W. A., Ikhwan, A., & Alda, M. (2025). IMPLEMENTASI ALGORITMA HAVERSINE FORMULA UNTUK PENCARIAN LOKASI RUMAH MAKAN HALAL TERDEKAT DI KOTA PARAPAT BERBASIS MOBILE. *Jurnal Ilmiah Sains Dan Teknologi*, 9(1).

- Ikasari, D., Ikasari, W., & Andika, R. (2021). Implementation of Haversine Formula to Determine the Shortest Path Using Web Based Application for a Case Study of High School Zoning in Depok. *American Journal of Software Engineering and Applications*, 10(2), 19. <https://doi.org/10.11648/j.ajsea.202110.02.11>
- Ma, I., Nugroho, ruf, & Defriani, M. (2025). Implementation of Haversine Formula in an Android-Based Geographic Information System BPJS Health Facilities In Purwakarta. In *Information Systems and Technology* (Vol. 6).
- Muhammad Syahputra Novelan. (2022). Penerapan GIS (Geographic Information System) Penunjuk Arah Lokasi Sekolah Terdekat Menggunakan Metode Haversine. *SATESI: Jurnal Sains Teknologi Dan Sistem Informasi*, 2(1), 1–5. <https://doi.org/10.54259/satesi.v2i1.623>
- Prasetyo, S., & Zaky, U. (2024). Implementasi Algoritma Haversine pada Mapbox API Guna Pencarian Bengkel Terdekat Berbasis Perangkat Mobile. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 4(4), 1515–1524. <https://doi.org/10.57152/malcom.v4i4.1677>
- Simbolon, V. I., & Putra, I. N. T. A. (2025). IMPLEMENTASI FIREBASE FIRESTORE PADA APLIKASI FINBLOOD UNTUK OPTIMALISASI PENCARIAN PENDONOR DARAH BERBASIS MOBILE DI BALI. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3.6499>
- Sommerville, Ian. (2016). *Software engineering*. Pearson.
- Syarifudin, M. K., & Komala Sari, R. T. (2023). Perbandingan Metode Euclidean Distance dan Haversine Distance pada Aplikasi Sistem PPDB dan algoritma K-Means Untuk Menentukan Kebijakan Peraturan Zonasi. *Faktor Exacta*, 15(4), 206. <https://doi.org/10.30998/faktorexacta.v15i4.14795>
- Winoto, S., Fadlil, A., & Umar, R. (2020). Penerapan Haversine Formula Pada Penerimaan Peserta Didik Baru Jalur Zonasi. *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, 4(1), 103. <https://doi.org/10.30865/mib.v4i1.1573>
- Wirastuti, N. M. A. E. D., Verlin, L., Mkwawa, I.-H., & Samarah, K. G. (2023). Implementation of Geographic Information System Based on Google Maps API to Map Waste Collection Point Using the Haversine Formula Method. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer Dan Informatika*, 9(3), 731–745. <https://doi.org/10.26555/jiteki.v9i3.26588>
- Wisetya, D. K., Purwantoro, & Carudin. (2026). IMPLEMENTASI HAVERSINE FORMULA PADA RANCANG BANGUN APLIKASI POSYANDU MENGGUNAKAN FRAMEWORK FLUTTER. *INFOTECH Journal*, 12(1), 40–46. <https://doi.org/10.31949/infotech.v12i1.17354>

