

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka ini membahas berbagai penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penggunaan teknologi *geofence* dalam sistem pemantauan dan keamanan. *Geofence* telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pelacakan aset, pengelolaan wilayah berbasis lokasi, dan sistem keamanan berbasis notifikasi. Dengan memahami penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem dalam pemantauan keamanan anak.

Zhao dan Yu (2021) melakukan penelitian tentang desain dan pengembangan aplikasi pelacakan anti-pencurian berbasis *geofence*. Penelitian ini menggunakan **algoritma Raycasting** untuk menentukan apakah suatu objek berada di dalam atau di luar area *geofence*. Aplikasi yang dikembangkan berbasis lintas platform untuk iOS dan Android, serta mencakup mekanisme pemantauan dan pelaporan yang memungkinkan pengguna menerima notifikasi ketika barang yang dipantau melewati batas area yang telah ditentukan.

Rosayyan, Subramaniam, dan Ganesan (2020) mengusulkan sistem *pre-emption* kendaraan darurat yang terdesentralisasi menggunakan komunikasi RF dan *geofencing* berbasis GNSS. Sistem ini memanfaatkan **algoritma Raycasting** untuk menentukan apakah kendaraan darurat berada dalam zona prioritas. Pendekatan berbasis *geofencing* dan RF memungkinkan kendaraan darurat melewati persimpangan dengan waktu tunda minimal. Uji coba lapangan menunjukkan bahwa waktu rata-rata perjalanan kendaraan darurat melintasi area persimpangan berkurang sekitar 48% setelah implementasi sistem ini.

Nuraida, Basid, dan Nugroho (2022) mengembangkan sistem *smart-geofencing* untuk pelaporan infrastruktur daerah yang tidak memadai menggunakan metode **Crossing Number (CN)** dan **Winding Number (WN)**. Penelitian ini membandingkan efektivitas kedua metode tersebut dengan algoritma *Raycasting*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi metode CN dan WN dapat meningkatkan akurasi hingga 98%, dibandingkan dengan *Raycasting* yang hanya mencapai 96%. Selain itu, penelitian ini mengindikasikan adanya peningkatan kecepatan dalam sistem pelaporan berbasis *geofencing*.

Talele dkk. (2022) membahas implementasi *geofencing* untuk memantau target tertentu menggunakan **algoritma Angle Summing**. Penelitian ini menjelaskan bagaimana *geofencing* dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk keamanan, manajemen, dan otomatisasi. Dua jenis *geofencing* yang dibahas adalah *circular geofence* dan *polygonal geofence*, yang masing-masing menggunakan radius atau koordinat latitude dan longitude sebagai batas wilayah pemantauan. Penelitian ini juga menunjukkan bagaimana perangkat berbasis NodeMCU dapat digunakan untuk membangun sistem *geofencing* berbasis IoT dengan pemantauan lokasi secara *real-time*.

Hapsoro (2024) melakukan penelitian mengenai implementasi sistem presensi siswa menggunakan *geolocation* di SMAN 3 Yogyakarta. Sistem ini memanfaatkan **algoritma Haversine Formula** untuk menghitung jarak antara titik lokasi siswa dengan titik sekolah, sehingga dapat memastikan kehadiran siswa dalam radius yang diizinkan. Teknologi ini dikombinasikan dengan PHP, MySQL, JavaScript, dan *Google Maps API* untuk mencatat kehadiran siswa secara otomatis berdasarkan lokasi mereka. Implementasi sistem ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pencatatan kehadiran, mengurangi penggunaan kertas dan pena, serta meningkatkan akurasi data presensi siswa.

Berdasarkan studi terdahulu, sistem yang akan dikembangkan dalam penelitian ini adalah aplikasi *geofence* berbasis **algoritma Raycasting** untuk pemantauan keamanan anak. Implementasi algoritma *raycasting* diharapkan dapat meningkatkan akurasi deteksi lokasi dalam *geofence*, memastikan anak tetap berada dalam area aman yang telah ditentukan oleh orang tua.

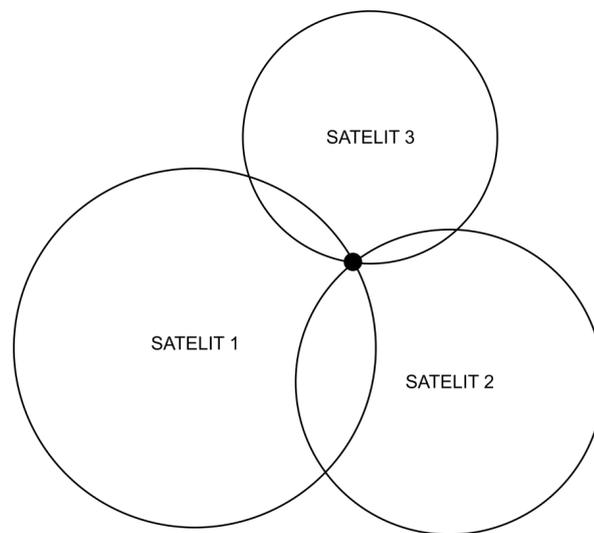
Tabel 2.1: Tinjauan Pustaka

Penulis	Topik	Studi Kasus	Algoritma	Hasil
Lingli Zhao dan Xiaoqin Yu (2021)	Aplikasi Pelacakan Anti-Pencurian	<i>Geofence</i> berbasis notifikasi	<i>Raycasting</i>	Aplikasi pelacakan barang berbasis notifikasi ketika melewati batas area.
Prakash Rosayyan, SenthilKumar Subramaniam, dan Saravana Ilango Ganesan (2020)	Sistem Pre-emption Kendaraan Darurat	Komunikasi RF dan GNSS	<i>Raycasting</i>	Pengurangan waktu perjalanan kendaraan darurat sebesar 48%.
Puspa Miladin Nuraida Safitri, A. Basid, dan Fresy Nugroho (2022)	Smart-Geofencing	Pelaporan Infrastruktur Regional	Crossing Number dan Winding Number	Meningkatkan akurasi hingga 98% dibandingkan <i>Raycasting</i> .
Ajay Talele, Aditya Vaishale, Mohish Khadse, Suraj Chaudhari, Khushi Junnare, dan Aditya Ingale (2022)	Pemantauan Lokasi <i>Real-Time</i>	IoT dan Geofencing	Angle Summing	Sistem pemantauan lokasi berbasis IoT dengan deteksi <i>real-time</i> .
Hapsoro, Tejo Jati (2024)	Sistem Presensi Siswa	Geolocation di SMAN 3 Yogyakarta	Haversine Formula	Sistem presensi siswa lebih efisien, mengurangi penggunaan kertas dan pena, akurasi pencatatan kehadiran meningkatkan .

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Global Positioning System

Global Positioning System (GPS) adalah sistem navigasi satelit yang dirancang untuk memberikan informasi lokasi dan waktu secara akurat di seluruh dunia. Sistem ini terdiri dari tiga komponen utama: satelit yang mengorbit bumi, stasiun pengendali di permukaan bumi, dan penerima GPS yang digunakan oleh pengguna. Satelit-satelit GPS, yang berjumlah minimal 24, berfungsi untuk mengirimkan sinyal yang berisi informasi posisi dan waktu (Hegarty & Kaplan, 2005). Dengan memanfaatkan prinsip trilaterasi, penerima GPS dapat menentukan lokasi pengguna dengan menghitung jarak dari beberapa satelit berdasarkan waktu yang dibutuhkan sinyal untuk mencapai penerima.



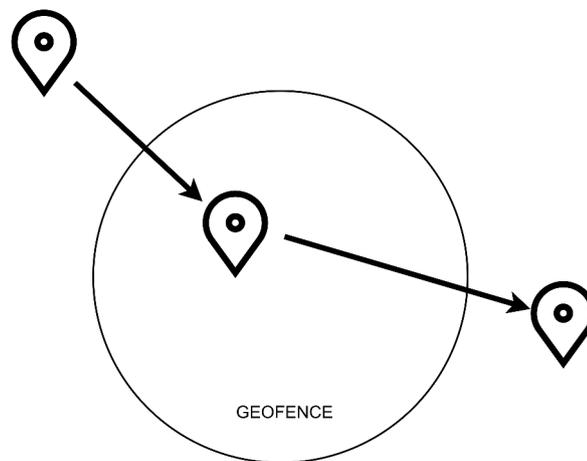
Gambar 2.1: Menentukan posisi suatu titik berdasarkan jaraknya dari tiga titik referensi.

Salah satu keunggulan utama GPS adalah kemampuannya untuk memberikan informasi lokasi secara *real-time* dengan akurasi yang tinggi, yang dapat mencapai beberapa meter dalam kondisi ideal. Hal ini menjadikan GPS sangat berguna dalam berbagai aplikasi, mulai dari navigasi kendaraan, pemantauan transportasi, hingga penggunaan dalam bidang pertanian presisi dan geologi. Selain itu, GPS juga digunakan dalam berbagai perangkat sehari-hari, seperti *smartphone* dan alat navigasi, yang memudahkan pengguna untuk menemukan rute tercepat atau lokasi tertentu dengan mudah.

Seiring dengan perkembangan teknologi, GPS terus mengalami peningkatan dalam hal akurasi, kecepatan, dan kemampuan untuk beroperasi di berbagai kondisi lingkungan. Inovasi seperti sistem yang dirancang untuk membantu pelanggan menemukan lokasi taksi yang sesuai dengan kebutuhan penumpang taksi, seperti lokasi penjemputan, waktu layanan, dan tujuan akhir. Dengan memanfaatkan teknologi GPS, aplikasi dapat secara akurat menentukan posisi pengguna dan memeriksa ketersediaan taksi di sekitar lokasi tersebut (Yadav, Zaidi, Nascimento, de Albuquerque, & Chauhan, 2023). GPS tidak hanya menjadi alat navigasi yang penting, tetapi juga berkontribusi pada berbagai sektor, termasuk transportasi, komunikasi, dan penelitian ilmiah, menjadikannya salah satu teknologi yang paling berpengaruh dalam kehidupan modern saat ini.

2.2.2 Geofence

Geofencing adalah teknik yang digunakan untuk memantau dan mendeteksi pergerakan perangkat *mobile* dalam suatu zona geografis tertentu. Dengan menetapkan perimeter virtual di sekitar area yang diinginkan, sistem ini dapat memberikan peringatan ketika perangkat *mobile* melintasi batas tersebut. *Geofencing* sering digunakan dalam konteks bisnis untuk memastikan bahwa karyawan atau kendaraan perusahaan tetap berada dalam area yang relevan untuk aktivitas mereka, seperti pengemudi pengiriman atau teknisi lapangan (Reclus, 2013).



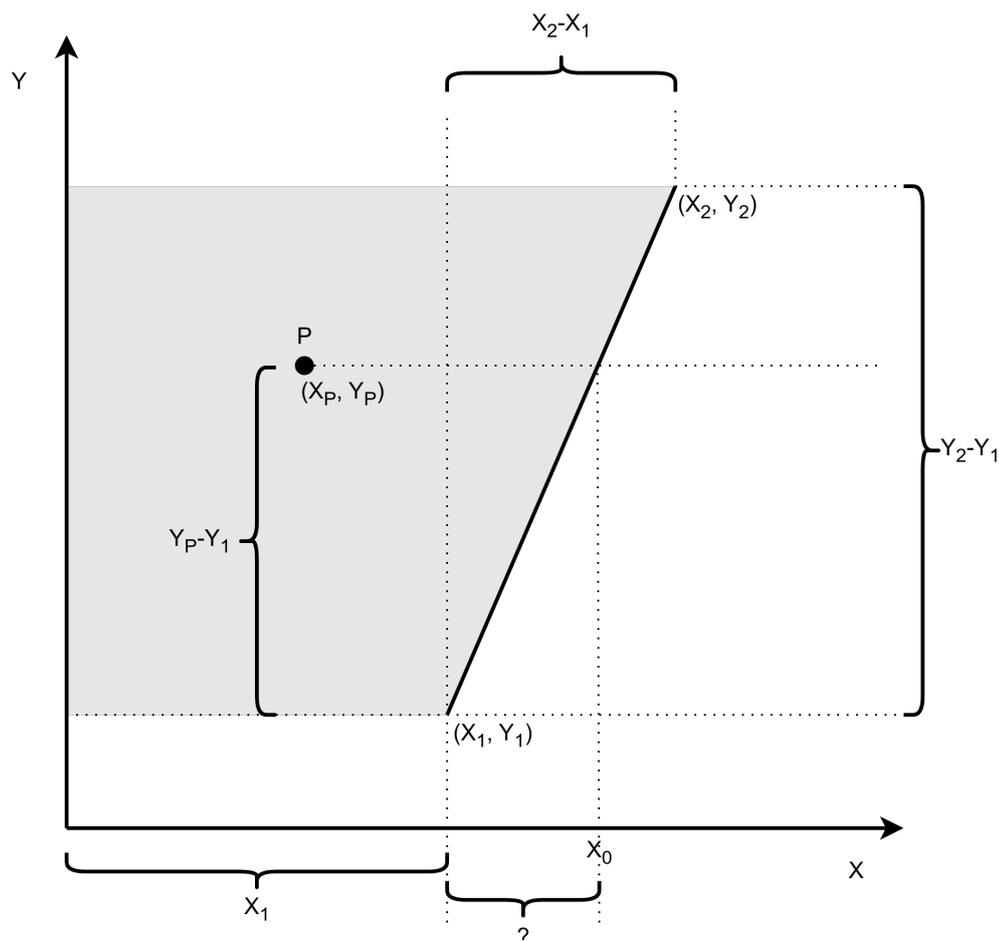
Gambar 2.2: Deteksi masuknya perangkat *mobile* ke dalam zona yang dipantau.

Teknologi ini mengandalkan data lokasi yang diperoleh dari sistem GPS dan jaringan telekomunikasi untuk melacak posisi perangkat secara *real-time*. Ketika perangkat mendekati atau memasuki zona yang telah ditentukan 2.2, sistem akan mendeteksi pergerakan tersebut dan mengirimkan notifikasi kepada pengguna atau pusat data. Dengan demikian, *geofencing* memungkinkan pengelolaan yang lebih baik terhadap sumber daya dan meningkatkan efisiensi operasional. *Geofencing* tidak hanya berfungsi sebagai alat untuk memantau posisi kendaraan, tetapi juga sebagai mekanisme untuk mengoptimalkan kinerja kendaraan dan dampaknya terhadap kualitas udara (Fussey & Dalby, 2022).

Secara keseluruhan, *geofencing* merupakan alat yang bermanfaat dalam berbagai aplikasi, mulai dari manajemen armada kendaraan hingga pemasaran berbasis lokasi, dan terus berkembang seiring dengan kemajuan teknologi. Penelitian lebih lanjut tentang *geofencing* dapat membantu memahami potensi dan tantangan yang dihadapi dalam implementasinya di berbagai sektor.

2.2.3 Algoritma Raycasting

Geofence adalah teknologi yang memanfaatkan sistem informasi geografis (GIS) untuk menciptakan batasan virtual di dunia nyata, memungkinkan aplikasi untuk memantau dan merespons lokasi pengguna berdasarkan posisi geografis mereka. Salah satu aspek penting dalam implementasi *geofence* adalah kemampuan untuk menentukan apakah suatu titik berada di dalam atau di luar batas *geofence* yang ditentukan. Untuk tujuan ini, algoritma yang umum digunakan adalah algoritma *Raycasting*. Algoritma ini, yang juga dikenal sebagai *crossing number* atau *even-odd rule algorithm*, berfungsi untuk menentukan posisi suatu titik relatif terhadap poligon dengan menghitung jumlah perpotongan (*intersections*) antara sebuah sinar (*ray*) yang dimulai dari titik yang diuji dan batas poligon.



Gambar 2.3: Titik berpotongan dengan garis.

Kondisi pertama memeriksa apakah titik p berada di antara dua titik y_1 dan y_2 pada sumbu y . Ini dinyatakan dengan persamaan:

$$(y_p < y_1) \neq (y_p < y_2) \quad (2.1)$$

Kondisi ini akan bernilai benar jika y_p berada di antara y_1 dan y_2 .

Kondisi kedua menghitung nilai x_0 , yang merupakan posisi horizontal dari titik p pada garis yang menghubungkan (x_1, y_1) dan (x_2, y_2) . Persamaan untuk x_0 adalah:

$$x_0 = x_1 + ? \quad (2.2)$$

Di mana tanda tanya (?) dapat dihitung dengan rumus berikut:

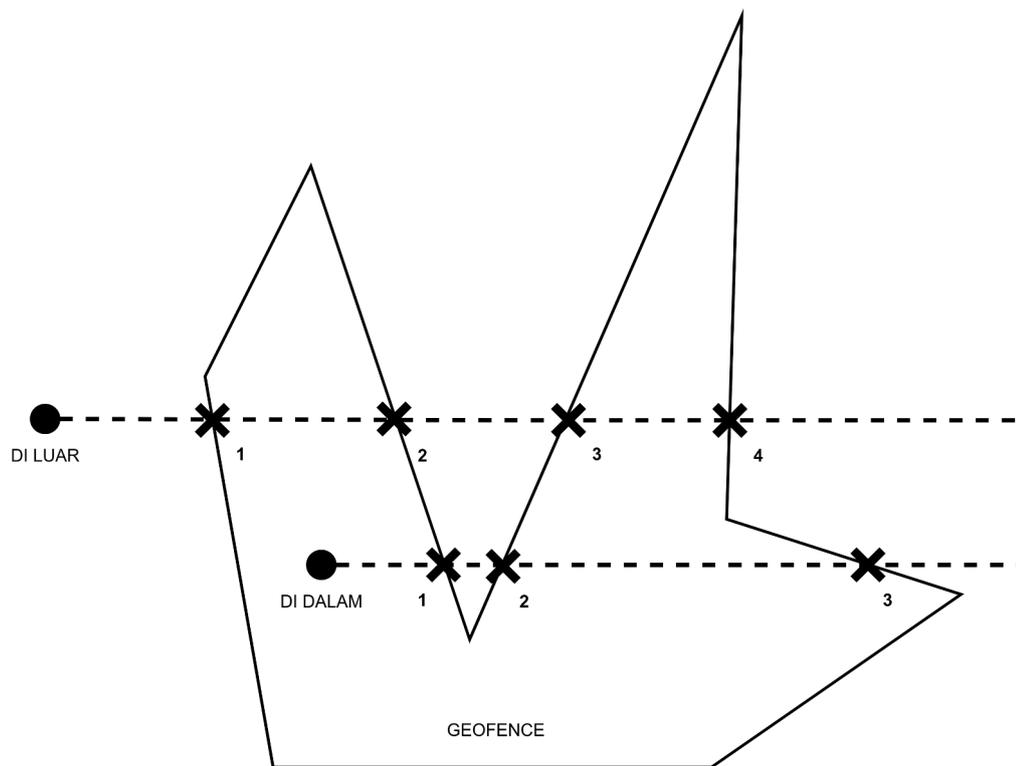
$$? = \frac{y_p - y_1}{y_2 - y_1} * (x_2 - x_1) \quad (2.3)$$

Rumus ini menghitung proporsi dari pergeseran y antara y_1 dan y_2 , dan mengalikannya dengan pergeseran x antara x_1 dan x_2 . Setelah mendapatkan nilai x_0 , kita perlu memeriksa apakah titik p berada di sebelah kiri atau kanan dari garis yang menghubungkan kedua titik. Ini dinyatakan dengan persamaan:

$$x_p < x_1 + \frac{y_p - y_1}{y_2 - y_1} (x_2 - x_1) \quad (2.4)$$

Jika kondisi ini terpenuhi, maka titik p dianggap berada di dalam area yang dibatasi oleh garis yang menghubungkan (x_1, y_1) dan (x_2, y_2) .

Prinsip dasar dari algoritma *Raycasting* adalah mengirimkan sinar dari titik yang diuji ke arah yang tetap, misalnya ke kanan seperti pada Gambar 2.4. Jika sinar tersebut memotong batas poligon, jumlah perpotongan dicatat. Jika jumlah perpotongan adalah ganjil, maka titik tersebut berada di dalam poligon; sebaliknya, jika jumlah perpotongan adalah genap, maka titik tersebut berada di luar poligon. Algoritma ini hanya mendukung poligon dan tidak dapat digunakan untuk menentukan posisi titik relatif terhadap lingkaran (Shimrat, 1962).



Gambar 2.4: Titik Potong Sinar

Algoritma *Raycasting* didasarkan pada Teorema Kurva Jordan, yang menyatakan bahwa setiap kurva tertutup di bidang dua dimensi membagi bidang menjadi dua daerah: satu di dalam dan satu di luar. Teorema ini memberikan dasar matematis untuk memahami bagaimana pergerakan titik di sepanjang sinar dapat menghasilkan perubahan status dari dalam ke luar dan sebaliknya. Dalam konteks *geofence*, algoritma ini dapat digunakan untuk mendeteksi apakah pengguna telah memasuki atau keluar dari area *geofence* yang ditentukan, serta memungkinkan aplikasi untuk memberikan notifikasi atau tindakan tertentu berdasarkan lokasi pengguna relatif terhadap batas *geofence*. Dalam aplikasinya, *raycasting* berfungsi untuk menentukan apakah jalur penerbangan yang direncanakan oleh *Unmanned Aircraft System* (UAS) berada dalam batasan *geofence* yang ditetapkan, baik untuk menjaga agar operasi penerbangan tetap dalam zona yang diizinkan maupun untuk menghindari zona terlarang. Dengan menggunakan algoritma volumisasi penerbangan tiga dimensi, *raycasting* membantu dalam membentuk volume *geofence* poligon berlapis yang mengelilingi jalur penerbangan berbasis waypoint yang dimasukkan oleh pengguna (Kim & Atkins, 2022).

Masukan: $P = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\}$ (titik-titik sudut poligon),
 (x_p, y_p) (titik yang diuji)

Keluaran: **Benar** jika titik berada di dalam poligon, **Salah** jika di luar

- 1: $inside \leftarrow \text{Salah}$
- 2: $n \leftarrow$ jumlah titik sudut dalam P
- 3: **Untuk** $i \leftarrow 1$ to n **Lakukan**
- 4: $j \leftarrow (i \bmod n) + 1$ ▷ Indeks titik sudut berikutnya (berputar)
- 5: **Jika** $(y_p > \min(y_i, y_j))$ dan $(y_p \leq \max(y_i, y_j))$ **Maka**
- 6: **Jika** $(x_p \leq \max(x_i, x_j))$ **Maka**
- 7: $x_{\text{intersect}} \leftarrow \frac{(y_p - y_i) \cdot (x_j - x_i)}{(y_j - y_i)} + x_i$
- 8: **Jika** $(y_i == y_j)$ atau $(x_p \leq x_{\text{intersect}})$ **Maka**
- 9: $inside \leftarrow \neg inside$ ▷ Beralih status inside/outside
- 10: **Akhiri Jika**
- 11: **Akhiri Jika**
- 12: **Akhiri Jika**
- 13: **Akhiri Untuk**
- 14: **Kembalikan** $inside$

Gambar 2.5: Algoritma *Raycasting* untuk Uji Titik di Dalam Poligon

Dengan demikian, algoritma *Raycasting* merupakan alat yang efektif untuk menentukan posisi titik relatif terhadap poligon, yang sangat penting dalam aplikasi *geofence*. Memahami prinsip dasar dan penerapan algoritma ini akan membantu pengembangan menciptakan solusi yang lebih canggih dan responsif dalam memanfaatkan teknologi *geolocation*.