

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem gerbang otomatis berbasis ESP32 dengan integrasi RFID, GPS, dan geofencing yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem gerbang otomatis berbasis ESP32 berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan mengintegrasikan empat komponen perangkat lunak, yaitu program RFID pada ESP32 gerbang, program GPS pada ESP32 kendaraan, server PHP untuk verifikasi akses dan geofencing, serta database MySQL untuk penyimpanan data.
2. Implementasi Haversine Formula pada file `checkaccess.php` berhasil mewujudkan fitur geofencing yang akurat. Akses gerbang hanya diberikan apabila dua syarat terpenuhi secara bersamaan, yaitu UID kartu RFID valid dan kendaraan berada dalam radius geofencing.
3. Penggunaan perintah SQL REPLACE INTO pada file `updategps.php` terbukti efektif untuk memastikan tabel kendaraan selalu menyimpan koordinat GPS terbaru setiap kendaraan tanpa duplikasi data.
4. Fitur pencatatan log akses pada tabel `log_akses` memungkinkan administrator melacak setiap percobaan akses gerbang.
5. Mekanisme kontrol gerbang dengan logika deteksi kendaraan dua-tahap menggunakan sensor ultrasonik berhasil membuka dan menutup gerbang secara otomatis setelah kendaraan sepenuhnya melewati sensor.
6. Implementasi fitur bypass kendaraan darurat berhasil memberikan prioritas akses bagi kendaraan darurat seperti ambulans dan mobil polisi tanpa perlu verifikasi lokasi GPS. Fitur ini meningkatkan responsivitas sistem terhadap situasi darurat.
7. Implementasi mode offline dengan whitelist lokal dan buffer log berhasil memungkinkan sistem tetap beroperasi saat koneksi WiFi terputus. Data akses yang tercatat saat offline akan tersinkronisasi secara otomatis saat koneksi WiFi kembali tersambung.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran pengembangan untuk meningkatkan fungsionalitas, keamanan, dan keandalan sistem pada penelitian selanjutnya.

1. Peningkatan keamanan terhadap SQL Injection. Implementasi saat ini menggunakan cara penyisipan variabel langsung ke dalam string query SQL yang rentan terhadap serangan SQL Injection. Disarankan untuk mengimplementasikan prepared statement atau parameterized query untuk mencegah serangan ini.

2. Pengembangan dashboard pemantauan real-time. Disarankan untuk mengembangkan antarmuka berbasis web yang menampilkan peta posisi seluruh kendaraan secara real-time menggunakan data dari tabel kendaraan, serta menampilkan log akses terkini dari tabel log_akses.
3. Konfigurasi geofencing yang dinamis. Koordinat gerbang dan radius geofencing pada penelitian ini masih dikodekan secara hardcode di dalam file checkaccess.php. Disarankan untuk memindahkan konfigurasi ini ke dalam database agar dapat diubah melalui antarmuka administratif tanpa perlu mengubah kode program.
4. Pengujian dengan jumlah kendaraan dan durasi yang lebih besar. Pengujian pada penelitian ini masih terbatas pada dua kendaraan dan durasi yang relatif singkat. Disarankan untuk melakukan pengujian dengan jumlah kendaraan yang lebih banyak dan durasi yang lebih panjang untuk memastikan keandalan sistem dalam kondisi operasional yang sesungguhnya.
5. Integrasi dengan sistem manajemen armada Transjakarta. Disarankan untuk mengintegrasikan sistem gerbang otomatis dengan sistem manajemen armada yang sudah ada untuk mendapatkan manfaat sinergis dalam pengelolaan operasional busway