

ABSTRAK

Pertumbuhan jumlah kendaraan menimbulkan kemacetan di gerbang tol akibat sistem pembayaran elektronik yang masih mengharuskan kendaraan melambat atau berhenti. Penelitian ini mengembangkan purwarupa sistem pembayaran tol otomatis berbasis komunikasi *Vehicle-to-Infrastructure* (V2I) menggunakan Wi-Fi IEEE 802.11, autentikasi WPA2-Enterprise, dan enkripsi TLS. Sistem terdiri dari *On-Board Unit* (OBU), *Roadside Unit* (RSU), dan backend server berbasis MongoDB. Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimental melalui pengujian lapangan untuk skenario jarak statis dan kecepatan dinamis, serta pengujian berbasis simulasi untuk evaluasi algoritma enkripsi dan uji beban server. Wi-Fi dipilih setelah analisis komparatif dengan LTE dan LTE-GNSS karena lebih unggul pada latensi, respons, biaya, dan kemudahan implementasi awal. Hasil menunjukkan sistem bekerja optimal pada jarak hingga 40 meter dan kecepatan hingga 40 km/jam dengan rata-rata delay 4–135 ms, waktu respons 3–36 ms, dan packet error rate (PER) <10% hingga 800 permintaan simultan. Pada 900 permintaan, PER meningkat menjadi 12,44%. Pengujian enkripsi menunjukkan AES-256 memiliki efek avalanche tertinggi (48,19%), diikuti AES-128 (47,31%) dan ChaCha20 (45,67%). Semua transaksi terenkripsi berhasil tercatat secara real-time di MongoDB dan ditampilkan melalui antarmuka web. Dengan memenuhi spesifikasi teknis, sistem ini dinyatakan layak untuk implementasi terbatas pada gerbang tol dengan volume kendaraan sedang dan kecepatan rendah hingga sedang, serta memiliki potensi untuk dioptimalkan lebih lanjut.

Kata kunci: enkripsi TLS, gerbang tol, pembayaran otomatis, V2I, Wi-Fi