

ABSTRAK

Pengujian kendaraan otonom memerlukan pemantauan kondisi dan perilaku kendaraan selama proses pengujian. Namun, pengamatan langsung terbatas oleh jarak dan kondisi lingkungan, sedangkan data telemetri dalam bentuk numerik tidak secara langsung memberikan representasi visual mengenai kondisi dan pergerakan kendaraan. Selain itu, pemantauan, kendali jarak jauh, serta perekaman dan *playback* data pengujian masih belum terintegrasi dalam satu lingkungan. Kondisi tersebut mendorong pemanfaatan Digital Twin sebagai lingkungan virtual untuk merepresentasikan kondisi kendaraan, mendukung pemantauan dan kendali secara *real-time*, serta merekam dan memutar ulang data pengujian pada kendaraan listrik otonom MEVi. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata latensi komunikasi data eksternal sebesar 43,76–45,12 ms dan latensi jalur koneksi internal sebesar 0,027–6,022 ms, dengan latensi maksimum 0,068–7,43 ms. Komunikasi *end-to-end* menghasilkan rata-rata latensi sebesar 43,81–50,95 ms. Kinerja *rendering* mencapai rata-rata 82,1 FPS dengan nilai Low 1% sebesar 78,7 FPS. Seluruh fungsi layanan yang diuji menghasilkan keluaran sesuai dengan yang diharapkan, sedangkan pengujian *usability* menggunakan SUS memperoleh skor rata-rata 82,0 yang termasuk kategori *acceptable*.

Kata kunci: Kendaraan otonom, Digital Twin, MEVi, Unity, ROS 2



ABSTRACT

Testing autonomous vehicles requires monitoring the vehicle's condition and behavior during the testing process. However, direct observation is limited by distance and environmental conditions, while telemetry data in numerical form does not directly provide a visual representation of the vehicle's condition and movement. Furthermore, monitoring, remote control, and the recording and playback of test data are not yet integrated into a single environment. These conditions have driven the use of a Digital Twin as a virtual environment to represent the vehicle's condition, support real-time monitoring and control, and record and replay test data on the MEVi autonomous electric vehicle. Test results showed an average external data communication latency of 43.76–45.12 ms and an internal connection path latency of 0.027–6.022 ms, with a maximum latency of 0.068–7.43 ms. End-to-end communication resulted in an average latency of 43.81–50.95 ms. Rendering performance averaged 82.1 FPS, with a 1% Low value of 78.7 FPS. All tested service functions produced the expected output, while usability testing using the SUS yielded an average score of 82.0, which falls into the “acceptable” category.

Keywords: Autonomous Vehicle, Digital Twin, MEVi, Unity, ROS 2

