UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian Keandalan Laser Scanner SLAM 3D dengan Teknik Survei GNSS RTK-Radio dan RTK-NTRIP
Alicia Filzah Rivai, Prof. Dr. Ir. Harintaka, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Intisari

Penerapan teknologi *laser scanner* SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping*) 3D dalam akuisisi data spasial tiga dimensi mampu menghasilkan geometri objek secara cepat dan detail tanpa memerlukan integrasi GNSS selama proses pemindaian secara langsung. Namun, hasil pemindaian SLAM yang berupa *point cloud* masih berada dalam sistem koordinat lokal, sehingga pemanfaatan metode GNSS perlu dilakukan untuk mengintegrasikan *point cloud* ke dalam sistem koordinat global. Terdapat dua teknik survei yang banyak diaplikasikan, yaitu metode survei GNSS RTK-Radio yang memanfaatkan gelombang radio dalam pengoreksian data dan metode survei GNSS RTK-NTRIP yang menggunakan data koreksi *RTCM* dari *Continuously Operating Reference Station* (CORS) dengan memanfaatkan jaringan internet dalam proses koreksi data. Penelitian ini mengkaji keandalan *laser scanner* SLAM 3D melalui ada atau tidaknya signifikansi perbedaan yang dihasilkan dari proses registrasi *point cloud* menggunakan referensi hasil pengukuran metode survei GNSS RTK-Radio dan RTK-NTRIP pada objek bangunan Gedung Pusat Universitas Gadjah Mada.

Pengumpulan data dilakukan dengan alat pemindai GS-200G *Lightweight Livox Mid* 360 *Handheld* SLAM tanpa integrasi GNSS dalam lima sesi pemindaian yang mencakup seluruh sisi bangunan. Titik *Ground Control Point* (GCP) digunakan sebagai referensi dan *Independent Check Point* (ICP) sebagai titik validasi diukur menggunakan metode survei GNSS RTK-Radio dan RTK-NTRIP. Hasil pengukuran GCP tersebut digunakan untuk registrasi pada *point cloud*, sehingga diperoleh dua skenario hasil registrasi dalam sistem koordinat UTM Zona 49S. Kedua skenario hasil registrasi tersebut dianalisis berdasarkan ketelitian posisi menggunakan nilai *error* koordinat *Easting, Nothing*, dan Z serta ketelitian dimensi dianalisis melalui perbandingan ukuran objek pada *point cloud* hasil registrasi terhadap ukuran referensi di lapangan. Analisis memanfaatkan beberapa pendekatan statistik, yaitu perhitungan *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk mengetahui tingkat akurasi, rata-rata *error* absolut dan standar deviasi untuk mengetahui besaran penyimpangan serta sebaran konsistensi data, dan uji T berpasangan (*paired t-test*) untuk mengetahui signifikansi perbedaan kinerja antara metode RTK-Radio dan RTK-NTRIP sebagai referensi dalam proses georeferensi data *point cloud*.

Hasil kajian menunjukkan bahwa *point cloud* hasil registrasi dengan RTK-NTRIP menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan RTK-Radio, baik pada ketelitian koordinat 3D maupun dimensi. Hal ini ditunjukkan oleh nilai RMSE koordinat 3D RTK-NTRIP sebesar 34,9 cm, lebih rendah daripada RTK-Radio sebesar 37,06 cm. Sementara itu, didapatkan juga perolehan nilai RMSE dimensi skenario RTK-NTRIP sebesar 3,51 cm dan RTK-Radio sebesar 3,87 cm. Analisis sebaran *error* posisi 3D maupun dimensi pada RTK-NTRIP cenderung lebih konsisten, sedangkan RTK-Radio menunjukkan sebaran *error* yang relatif lebih besar. Selain itu, hasil uji T menunjukkan bahwa tidak terdapat adanya signifikansi perbedaan, baik pada hasil ketelitian koordinat 3D maupun ketelitian dimensi pada *point cloud* hasil registrasi menggunakan RTK-Radio dan RTK-NTRIP. Dengan demikian, *laser scanner* SLAM 3D menunjukkan keandalan yang cukup baik dalam menghasilkan dan mempertahankan ketelitian posisi serta dimensi *point cloud*, baik menggunakan referensi GNSS RTK-Radio maupun RTK-NTRIP dengan tetap mempertimbangkan faktor teknis yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran.

Kata Kunci: Keandalan, *Laser Scanner* SLAM 3D, *Point Cloud*, RTK-Radio, RTK-NTRIP

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian Keandalan Laser Scanner SLAM 3D dengan Teknik Survei GNSS RTK-Radio dan RTK-NTRIP
Alicia Filzah Rivai, Prof. Dr. Ir. Harintaka, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Abstract

The application of 3D SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) laser scanner technology in three-dimensional spatial data acquisition can quickly generate detailed object geometries without requiring direct GNSS integration during the scanning process. However, SLAM scan results which take the form of point clouds are still in a local coordinate system, so GNSS methods must be used to integrate the point cloud into a global coordinate system. There are two widely applied surveying techniques: the GNSS RTK-Radio surveying method, which utilizes radio waves for data correction, and the GNSS RTK-NTRIP surveying method, which uses RTCM correction data from Continuously Operating Reference Stations (CORS) via the internet for data correction. This study examines the reliability of the SLAM 3D laser scanner by assessing whether there are significant differences resulting from the point cloud registration process using measurement results from the GNSS RTK-Radio and RTK-NTRIP survey methods on the main building of Gadjah Mada University.

Data collection was performed using a GS-200G Lightweight Livox Mid 360 Handheld SLAM scanner without GNSS integration over five scanning sessions covering all sides of the building. Ground Control Points (GCPs) were used as references, and Independent Check Points (ICPs) were used as validation points, measured using GNSS RTK-Radio and RTK-NTRIP survey methods. The GCP measurement results were used for registration on the point cloud, yielding two registration scenarios in the UTM Zone 49S coordinate system. Both registration scenarios were analyzed based on positional accuracy using the coordinate error values for Easting, Northing, and Z, while dimensional accuracy was analyzed by comparing the sizes of objects in the registered point cloud to their reference sizes in the field. The analysis utilized several statistical approaches, namely the calculation of Root Mean Square Error (RMSE) to determine the level of accuracy, the mean absolute error and standard deviation to determine the magnitude of deviations and the consistency of data distribution, and a paired t-test to determine the significance of performance differences between the RTK -Radio and RTK-NTRIP methods as references in the point cloud data georeferencing process.

The results of the study show that the point cloud obtained from registration using RTK-NTRIP performs better than that from RTK-Radio, both in terms of 3D coordinate accuracy and dimensional accuracy. This is evidenced by the 3D coordinate RMSE value for RTK-NTRIP of 34,9 cm, which is lower than that of RTK-Radio at 37,06 cm.. Meanwhile, the dimensional RMSE values for the RTK-NTRIP scenario were 3,51 cm and 3,87 cm for RTK-Radio, respectively. Analysis of the distribution of 3D position and dimensional errors showed that RTK-NTRIP tended to be more consistent, while RTK-Radio exhibited a relatively larger error distribution. Furthermore, the t-test results indicate that there are no significant differences in either the 3D coordinate accuracy or the dimensional accuracy of the point cloud resulting from registration using RTK-Radio and RTK-NTRIP. Thus, the 3D SLAM laser scanner demonstrates fairly good reliability in generating and maintaining the positional and dimensional accuracy of the point cloud, whether using the RTK-Radio or RTK-NTRIP GNSS reference, while still taking into account technical factors that may affect the measurement results.

Keywords: Laser Scanner SLAM 3D, Point Cloud, Reliability, RTK-Radio, RTK-NTRIP