

## INTISARI

*Global Navigation Satellite System* (GNSS) merupakan teknologi penentuan posisi yang akurat hingga tingkat milimeter dengan dukungan stasiun referensi seperti *Continuously Operating Reference Station* (CORS) GMU1 milik Departemen Teknik Geodesi, UGM. Metode *Real Time Kinematic-Networked Transport of RTCM Via Internet Protokol* (RTK-NTRIP) yang memanfaatkan CORS sangat dipengaruhi oleh kualitas jaringan seluler. Saat ini, penggunaan jaringan 4G dalam pengukuran RTK-NTRIP menjadi pilihan utama karena kecepatan transmisi dan luas jangkauannya, sedangkan 5G masih terbatas cakupan serta ketersediaan perangkat pendukungnya. Kondisi ini memerlukan analisis performa *provider* seluler 4G, sehingga proyek akhir ini bertujuan menilai presisi, akurasi, dan waktu inisialisasi untuk mendapatkan solusi *fixed* hasil RTK-NTRIP dari Telkomsel, Indosat, dan XL terhadap metode statik sebagai acuan menggunakan *base station* GMU1 di Daerah Istimewa Yogyakarta.

Kajian ini dilakukan pada 16 titik sampel pengukuran yang tersebar pada radius  $\pm 5$  km,  $\pm 10$  km,  $\pm 15$  km, dan  $\pm 20$  km dari CORS GMU1 pada setiap kuadran dengan penentuan awal menggunakan *buffer* tetapi tetap menyesuaikan kondisi obstruksi di lapangan. Setiap titik diukur menggunakan metode statik dan RTK-NTRIP dari tiga *provider* seluler (Telkomsel, Indosat, dan XL). RTK-NTRIP dilakukan pengamatan maksimal selama 5 menit jika tidak menghasilkan solusi *fixed*. Metode statik dilakukan pengamatan 1 jam dan diolah secara *post processing* radial menggunakan perangkat lunak Leica Infinity dengan titik ikat CORS GMU1. Analisis dilakukan melalui perhitungan RMSE untuk menilai akurasi, simpangan baku ( $\sigma$ ) untuk menilai presisi, serta uji statistik berpasangan dengan interval kepercayaan 99% untuk menguji variabilitas hasil RTK-NTRIP terhadap metode statik yang dijadikan sebagai acuan benar pada tiap titik. Selain itu, visualisasi berupa peta akurasi horizontal dan vertikal disusun untuk memperlihatkan distribusi spasial performa tiap *provider* pada berbagai radius pengukuran.

Hasil analisis menunjukkan variasi performa RTK-NTRIP pada tiap radius dan provider. Pada radius dekat ( $\pm 5$  km), XL memberikan akurasi dan presisi terbaik meskipun waktu inisialisasinya paling lama. Pada radius menengah ( $\pm 10$  s.d. 15 km), Telkomsel memiliki akurasi dan presisi terbaik pada komponen horizontal, sedangkan pada komponen vertikal XL menunjukkan akurasi terbaik namun presisinya tidak sebaik Indosat, yang juga memiliki waktu inisialisasi tercepat. Pada radius jauh ( $\pm 20$  km), Indosat memberikan akurasi dan presisi paling baik meskipun membutuhkan waktu inisialisasi terlama. Hasil uji statistik berpasangan menunjukkan sebagian besar hasil berbeda signifikan terhadap metode statik, dengan Telkomsel memiliki persentase perbedaan paling kecil. Visualisasi peta akurasi memperlihatkan bahwa Telkomsel dan XL lebih sesuai digunakan pada radius  $\pm 5$  s.d. 15 km dari CORS GMU1, sedangkan Indosat lebih sesuai untuk radius  $\pm 20$  km.

**Kata kunci:** CORS GMU1, GNSS, Statik, RTK-NTRIP, *Provider*, Akurasi, Presisi

## ABSTRACT

*The Global Navigation Satellite System (GNSS) is a highly accurate positioning technology capable of achieving millimeter-level precision with the support of reference stations such as the Continuously Operating Reference Station (CORS) GMU1, managed by the Department of Geodetic Engineering, Universitas Gadjah Mada. The Real-Time Kinematic–Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (RTK-NTRIP) method, which utilizes CORS, is strongly influenced by cellular network quality. Currently, 4G networks are the primary choice for RTK-NTRIP measurements due to their high transmission speed and wide coverage, whereas 5G networks remain limited in availability and device compatibility. Therefore, this final project aims to analyze the performance of 4G cellular providers by evaluating precision, accuracy, and initialization time to achieve fixed RTK-NTRIP solutions from Telkomsel, Indosat, and XL, using the GMU1 base station in the Special Region of Yogyakarta as the reference for comparison with the static method.*

*This research was conducted on 16 measurement points distributed within a radius of  $\pm 5$  km,  $\pm 10$  km,  $\pm 15$  km, and  $\pm 20$  km from CORS GMU1 in each quadrant, initially determined using buffer zones and adjusted to field obstructions. Each point was observed using both static and RTK-NTRIP methods with the three providers. RTK-NTRIP observations were carried out for a maximum of 5 minutes if no fixed solution was obtained, while static observations lasted for 1 hour and were processed radially using Leica Infinity software with CORS GMU1 as the reference station. Analysis included RMSE to assess accuracy, standard deviation ( $\sigma$ ) for precision, and paired *t*-test with a 99% confidence interval to evaluate variability between RTK-NTRIP and static results as the true reference. Additionally, horizontal and vertical accuracy maps were generated to visualize the spatial distribution of each provider's performance at different radii.*

*The results indicate varying RTK-NTRIP performance across providers and distances. At a near radius ( $\pm 5$  km), XL achieved the best accuracy and precision, although with the longest initialization time. At medium radii ( $\pm 10$  to 15 km), Telkomsel produced the best accuracy and precision in the horizontal component, while XL performed best in vertical accuracy but with lower precision than Indosat, which also had the fastest initialization time. At a far radius ( $\pm 20$  km), Indosat achieved the best accuracy and precision, though with the longest initialization time. Paired *t*-test results showed that most measurements significantly differed from the static method, with Telkomsel having the smallest percentage of significant differences. The accuracy maps revealed that Telkomsel and XL are more suitable for measurements within  $\pm 5$  to 15 km of CORS GMU1, while Indosat is more suitable for measurements around  $\pm 20$  km.*

**Keywords:** CORS GMU1, GNSS, Static, RTK-NTRIP, Provider, Accuracy, Precision