

# Perbandingan Ketelitian GNSS dengan Metode NRTK Menggunakan Berbagai Penyedia Layanan Internet

Syafril Ramadhon  
PPSDM Migas, Blora

## INFORMASI NASKAH

Diterima : 18 April 2024  
Direvisi : 23 Mei 2024  
Disetujui : 15 Juni 2024  
Terbit : 30 Juni 2024

Email korespondensi:  
[syafril.ramadhon@gmail.com](mailto:syafril.ramadhon@gmail.com)

Laman daring:  
<https://doi.org/10.37525/mz/2024-1/597>

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan data pengukuran GNSS menggunakan metode NRTK menggunakan empat penyedia layanan GSM, yaitu Telkomsel, Indosat, XL dan Smartfren. Metode penelitian dilakukan dengan membandingkan data ketelitian horizontal dan vertikal, serta data posisi tiga dimensi dari enam titik pengamatan yang masing-masing diukur menggunakan setiap penyedia layanan internet. Analisis data dilakukan dengan membandingkan data ketelitian horisontal dan vertikal, posisi horizontal di sumbu *easting* dan *northing* serta data tinggi pada setiap pengukuran di setiap titik pengamatan yang menggunakan penyedia layanan internet yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa akurasi horisontal terbaik diberikan oleh provider XL sebesar 0.012 m dan yang terburuk adalah IM3 sebesar 0.023 m. Untuk akurasi vertikal, penyedia layanan yang memberikan nilai rata-rata terbaik adalah XL sebesar 0.023 m dan yang terburuk adalah IM3 sebesar 0.037 m. Untuk ketelitian pada sumbu *easting*, nilai rata-rata perbedaan terbesar diberikan oleh XL yang dibandingkan dengan Smartfren yaitu sebesar 0.014 m, sementara nilai rata-rata perbedaan terkecil diberikan oleh provider IM3 yang dibandingkan dengan XL sebesar 0.008 m. Untuk sumbu *northing*, nilai rata-rata perbedaan terbesar diberikan oleh provider IM3 yang dibandingkan dengan XL yaitu sebesar 0.025 m. Adapun nilai rata-rata perbedaan terkecil diberikan oleh provider XL yang dibandingkan dengan Smartfren sebesar 0.005 m. Adapun untuk data tinggi, nilai rata-rata perbedaan terbesar diberikan oleh provider Telkomsel yang dibandingkan dengan Smartfren sebesar 0.050 m. Adapun nilai rata-rata perbedaan terkecil diberikan oleh provider XL yang dibandingkan dengan Smartfren.

**Kata kunci:** *Global Navigation Satellite System (GNSS), NRTK, Layanan Internet, Continuously Operating Reference Stations (CORS)*

## ABSTRACT

The aim of this research is to compare GNSS measurement data with the NRTK method with four GSM service providers, namely Telkomsel, Indosat, XL and Smartfren. The research method was carried out by comparing horizontal and vertical accuracy data, as well as three-dimensional position data from six observation points, each measured using each Internet service provider. Data analysis was carried out by comparing horizontal and vertical accuracy data, horizontal position on the east and north axes, and height data for each measurement at each observation point using different ISPs. The results showed that the best horizontal average accuracy was given by the XL provider at 0.012m and the worst was IM3 at 0.023m. For vertical accuracy, the service provider that gave the best average value was XL at 0.023m and the worst was IM3 at 0.037m. For the accuracy on the east axis, the largest average difference is given by XL compared to Smartfren, which is 0.014m. The smallest average difference is given by IM3 compared to XL, which is 0.008m. As for high data, the average value of the largest difference is given by the provider Telkomsel, which is 0.050m compared to Smartfren. The average value of the smallest difference is given by the provider XL compared to Smartfren.

**Keywords:** Navigation Satellite System (GNSS), NRTK, Internet Service, Continuously Operating Reference Stations (CORS)

## PENDAHULUAN

Global Navigation Satellite System (GNSS) adalah teknologi yang menggunakan data satelit untuk menentukan tiga titik berbeda di permukaan bumi. Seiring berjalannya waktu, penggunaannya menjadi lebih efisien dan akurat (Abedi et al., 2020; Ramadhon et al., 2020). Hal ini didasarkan pada berbagai metode estimasi posisi GNSS, memungkinkan pengguna untuk memilih metode estimasi posisi berdasarkan tiga dimensi dan jenis ekstraksi data posisi sesuai dengan kebutuhan mereka (Ramadhon et al., 2022).

Terkait dengan metode penentuan posisi, metode statik merupakan metode penentuan posisi tiga dimensi dengan GNSS yang mampu memberikan ketelitian tinggi, baik ketelitian horizontal maupun vertikal hingga mencapai fraksi milimeter (Correa-Muñoz & Cerón-Calderón, 2018). Meskipun memberikan ketelitian posisi yang tinggi, pada metode ini, tipe pemrosesan data bersifat *post-processed* dimana terlebih dahulu dilakukan pemrosesan data lanjutan menggunakan perangkat lunak pengolahan data GNSS, sehingga pengguna tidak bisa mendapatkan data posisi tiga dimensi secara langsung (Erol, Alkan, Ozulu, & İlçi, 2020).

Untuk menjawab tantangan tersebut, pada pertengahan tahun 1990, dikembangkan metode penentuan posisi berbasis satelit yang

memungkinkan pengguna mendapatkan data koordinat tiga dimensi tanpa terlebih dahulu melakukan proses pengolahan data (*real-time*) yang disebut dengan *metode Single Based Real-Time Kinematik* (Hamidi & Javadi, 2017; Erol, Alkan, Ozulu, & İlçi, 2020). Pada metode *Single Base Real-Time Kinematik* (RTK) diperlukan satu *receiver* GNSS yang ditempatkan pada *master station* atau titik ikat yang telah diketahui koordinatnya (*base*) dan satu *receiver* lainnya sebagai *rover* untuk menentukan koordinat titik di permukaan bumi secara *real-time* (Dabove, 2019). Konsep dasar dari metode RTK adalah dengan memberikan koreksi secara *real time* dari *base* kepada *rover* yang ditransmisikan menggunakan modem radio UHF untuk mereduksi dan mengeliminasi berbagai kesalahan dan bias data GNSS, sehingga mampu memberikan ketelitian posisi hingga fraksi centimeter (Dabove, 2019; Luo et al., 2020; Alkan et al., 2020).

Akan tetapi, pada metode RTK jarak antara *base* dan *rover* terbatas antara 10 hingga 20 km yang disebabkan karena kesalahan dan bias GNSS yang bergantung pada jarak seperti bias ionosfer dan troposfer, atau dengan kata lain ketelitian posisi akan menurun seiring dengan semakin meningkatnya jarak antara *base* dan *rover* (Alkan, Erol, İlçi, et al., 2020). Bahkan, metode ini sangat dipengaruhi oleh lingkungan pengamatan, dimana

medan yang berat dapat mengganggu transmisi sinyal radio modem meskipun jarak antara *base* dan *rover* dekat (Erol, Alkan, Ozulu, & İlçi, 2020).

Untuk memperluas cakupan antara *master station* dan *rover*, maka dikenalkan metode *Network RTK* (NRTK). Berbeda halnya dengan metode RTK yang hanya menggunakan satu buah *base* sebagai *master station*, pada metode NRTK digunakan beberapa *base* (*multi base*) berupa *Continuously Operating Reference Stations* (CORS), sehingga cakupan koreksi antara *base* dan *rover* dapat mencapai jarak hingga 70-100 km (Erol, Alkan, Ozulu, & İlçi, 2020). Berbeda halnya dengan metode RTK, pada metode NRTK data koreksi ditransmisikan kepada *rover* melalui internet dan/atau melalui jaringan GSM (Alkan, Erol, Ozulu, et al., 2020). Terkait dengan ketelitian posisi yang diberikan, sama halnya dengan metode RTK, metode NRTK juga memberikan tingkat ketelitian posisi dalam fraksi centimeter (Pepe, 2018; Dabove, 2019; Alkan, Erol, İlçi, et al., 2020; Pepe & Costantino, 2022).

Penggunaan metode NRTK sendiri memberikan beberapa kelebihan apabila dibandingkan dengan metode RTK, seperti: cakupan transmisi koreksi antara *master station* yang lebih luas, reliabilitas data posisi yang lebih baik, data ketelitian posisi yang lebih homogen serta penggunaan alat yang lebih efisien karena hanya memerlukan satu buah *receiver* GNSS saja (Pepe, 2018). Disamping memiliki kelebihan, metode NRTK juga tentunya memiliki beberapa kekurangan, yang antara lain: meningkatnya biaya untuk instalasi dan pemeliharaan jaringan, kebutuhan perangkat lunak dan perangkat keras yang lebih kompleks serta mengharuskan adanya jaringan internet (Alkan, Erol, İlçi, et al., 2020).

Secara umum, metode NRTK terdiri atas empat sistematika kerja, yaitu: akuisi data satelit pada CORS; pengolahan data dan perhitungan koreksi pada *network processing centre*; penyebaran data koreksi kepada user serta penerimaan koreksi pada user melalui jaringan internet/GSM (Pepe, 2018). Metode NRTK sendiri tidak lepas dari teknologi *Network Transportation RTCM via Internet Protocol* (NTRIP) sebagai sebuah protocol standar untuk menerima dan menyebarkan data koreksi GNSS berupa *Radio Technical Commission for Maritime Service* (RTCM) dari stasiun-stasiun

CORS kepada pengguna melalui jaringan internet secara *real-time* (Ramadhon, 2020). Sistem NTRIP tersebut terdiri atas tiga komponen utama, yaitu: *NTRIP Server*, *NTRIP Caster* dan *NTRIP Client* (Yusup et al., 2014). *NTRIP Server* berfungsi untuk mengirimkan data RTCM dari stasiun CORS yang sudah dilakukan perubahan format data menjadi *Receiver Independent Exchange* (RINEX) kepada *NTRIP Caster* melalui layanan TCP/IP. Data koreksi GNSS dari satu atau lebih dari *NTRIP Server* kemudian diterima *NTRIP Caster* untuk kemudian dikirimkan kepada *NTRIP Client* melalui jaringan internet. Adapun *NTRIP Client* baru dapat menerima data RTCM dari *NTRIP Caster* setelah mengirimkan pesan dan kode yang sesuai kepada *NTRIP Caster* dengan mengisi *NTRIP Caster Host Name*, *NTRIP Caster Port*, *NTRIP Username* dan *NTRIP Password* (Ramadhon, 2020).

Metode NRTK sendiri di Indonesia telah semakin berkembang. Hal tersebut didasarkan atas jumlah stasiun CORS yang dikelola oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) meningkat dengan pesat, dari total 106 stasiun pada tahun 2010 hingga 245 stasiun pada tahun 2020 (Badan Informasi Geospasial, n.d.). Disamping itu, Badan Informasi Geospasial juga telah memberikan layanan NRTK bagi pengguna secara gratis melalui portal <http://inacors.big.go.id/>. Pada portal tersebut, pengguna cukup mendaftarkan diri, untuk kemudian mendapatkan *NTRIP username*, *NTRIP password*, *NTRIP Caster Host Name* dan *NTRIP Caster Port*, sehingga pengguna dapat langsung menggunakan layanan NRTK dari BIG.

Salah satu syarat penggunaan metode NRTK adalah ketersediaan jaringan internet atau jaringan GSM. Adapun pangsa pasar operator telekomunikasi sebagai penyedia layanan GSM di Indonesia berdasarkan Edwinanto (2020) dikuasai empat penyedia, yaitu Telkomsel (47%), XL (24%), Indosat (23%) dan SmartFren (4%). Suatu hal yang menarik untuk dianalisis, apakah pemilihan penyedia layanan telekomunikasi memberikan perbedaan yang signifikan pada hasil koordinat tiga dimensi yang dihasilkan pada metode NRTK.

Penelitian mengenai pengaruh penyedia layanan telekomunikasi terhadap data hasil pengukuran GNSS menggunakan metode NRTK sendiri telah dilakukan di Indonesia. Penelitian

pertama dilakukan oleh Sitohang et al., (2014) yang membandingkan data pengukuran luasan bidang tanah pada dua lokasi di Kota Semarang menggunakan metode NRTK dengan hasil pengukuran *Electronic Total Station* (ETS). Adapun penyedia layanan telekomunikasi yang digunakan adalah Telkomsel, Indosat dan XL. Penelitian kedua dilakukan oleh Sari & Khomsin, (2014) yang membandingkan hasil pengukuran metode NTRIP menggunakan penyedia layanan telekomunikasi Axis, Tekomsel, XL, Indosat dan *Three* dengan pengukuran menggunakan metode static pada 15 lokasi pengamatan. Akan tetapi kedua penelitian tersebut dilakukan pada tahun 2014, dimana stasiun CORS di Indonesia berjumlah kurang dari 137 stasiun (Badan Informasi Geospasial, n.d.) dan kualitas jaringan internet yang digunakan pada penelitian tersebut adalah 3G (*third generation*) dan *edge*.

Berdasarkan dasar tersebut, pertanyaan penelitian yang diajukan adalah: seberapa besar perbedaan ketiga titik data terkoordinasi bila disediakan oleh penyedia layanan GSM yang berbeda untuk internet. Hal ini didasari oleh kualitas jaringan CORS di Indonesia yang semakin banyak, dan kualitas jaringan internet private di Indonesia yang sudah mencapai 4G. Berdasarkan pertanyaan penelitian di atas, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan data koordinat dari tiga kumpulan data GNSS NRTK yang berbeda menggunakan penyedia layanan GSM Telkomsel, Indosat, XL, dan Smartfren..

## METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data posisi tiga dimensi dari enam titik pengamatan GNSS dengan metode NRTK. Penyedia layanan GSM dalam memberikan koneksi internet pada metode NRTK adalah empat besar penyedia layanan internet di Indonesia yaitu Telkomsel (Simpati), XL (XL Axiata), Indosat (IM3) dan Smartfren dengan kualitas jaringan internet 4G. Adapun *receiver* GNSS yang digunakan adalah GNSS tipe dual frekuensi dengan merk Trimble R10 yang dilengkapi dengan *fixed-height Antenna Tripod* pada setiap pengukuran. Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Cepu,

kabupaten Blora, Provinsi Jawa Tengah. Kegiatan Pengukuran dilakukan pada tanggal 05 s.d 08 Desember 2022.

Untuk mendapatkan data koordinat tiga dimensi yang ideal, maka beberapa aspek yang dapat mempengaruhi kualitas data direduksi. Aspek pertama yaitu terkait pemilihan lokasi titik-titik pengamatan yang disyaratkan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-6724-2002 tentang Jaring Kontrol Horizontal memiliki nilai *Positional Dilution of Precision* (PDOP) lebih kecil dari 10. Oleh karena itu, pada penelitian ini dipilih enam lokasi titik pengamatan yang bebas obstruksi dan memiliki nilai PDOP yang bernilai lebih kecil dari 10, dimana pada enam lokasi pengamatan nilai DOP adalah 6.

Aspek yang kedua adalah terkait waktu pelaksanaan pengamatan. Hal ini didasarkan atas adanya pengaruh *Total Electron Content* (TEC) di lapisan ionosfer pada ketelitian data GNSS dimana pengaruh tersebut relatif kecil pada pagi hari dan terus meningkat pada tengah hari, hingga cenderung menurun pada sore hari (Ramadhon, 2015). Oleh karena itu, untuk mereduksi pengaruh TEC, maka waktu pelaksanaan pengukuran pada setiap titik yang sama dengan penyedia layanan internet yang berbeda dilakukan pada waktu yang relatif sama (tabel-1).

Tabel 1. Waktu Pelaksanaan Pengukuran

Titik	Tanggal Pengamatan			
	05/12/22	06/12/22	07/12/22	08/12/22
	Telkomsel	IM3	XL	Smartfren
Waktu Pengamatan (jam:menit)				
P1	09:01	09:01	09:03	09:01
P2	09:33	09:31	09:30	09:31
P3	10:02	10:04	10:00	10:02
P4	10:33	10:31	10:37	10:32
P5	11:00	11:03	11:04	11:00
P6	11:31	11:31	11:33	11:30

Stasiun CORS yang digunakan pada kegiatan penelitian adalah InaCORS milik BIG yang berlokasi di Kelurahan Tempelan Kabupaten Blora Jawa Tengah. Pengukuran dilakukan pada enam titik pengamatan dengan *sampling rate* setiap 15 detik dan *mask angle* sebesar 15<sup>0</sup> sesuai dengan

spesifikasi teknis metode dan strategi pengamatan jaring titik kontrol geodetik untuk orde-2 di dalam SNI 19-6724-2002. Data hasil pengukuran yang digunakan adalah data posisi tiga dimensi pada setiap titik pengamatan dimana mencapai ketelitian horizontal dan vertikal yang stabil di bawah 0.050 m.

Analisis data dilakukan dengan membandingkan data ketelitian dan data tiga dimensi pada setiap titik pengamatan yang dihasilkan dari empat penyedia layanan internet yang digunakan. Secara lebih spesifik, analisis data diberikan pada akurasi ketelitian horizontal dan ketelitian vertikal, posisi horizontal, data tinggi serta perbedaan jarak berdasarkan hasil pengukuran setiap penyedia layanan provider internet. Format posisi tiga dimensi yang digunakan untuk kegiatan analisis adalah sistem koordinat proyeksi *Universal Transverse Mercator* (UTM) dengan datum geodesi yang digunakan adalah *World Geodetic Systems* 1984.

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Data rata-rata akurasi horizontal dan vertikal hasil pengukuran GNSS metode NRTK pada enam titik pengamatan menggunakan empat penyedia layanan diberikan pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai Rata-Rata Akurasi Horisontal dan Vertikal data GNSS Menggunakan Empat Penyedia Layanan Internet.

Penyedia Layanan Internet	Akurasi Horisontal (m)	Akurasi Vertikal (m)
Telkomsel	0.016	0.026
IM3	0.023	0.037
XL	0.012	0.023
Smartfren	0.015	0.032
<b>Mean</b>	<b>0.017</b>	<b>0.030</b>

Berdasarkan data pada tabel 2, akurasi ketelitian horizontal terbaik diberikan oleh provider XL dan yang terburuk adalah IM3. Sama halnya dengan akurasi horizontal, provider XL memberikan akurasi vertical terbaik, dan akurasi vertical yang terburuk adalah IM3.

Tabel 3. Selisih Perbedaan Setiap Provider Penyedia Internet di Sumbu *Easting*

Titik	Sumbu Easting (m)				
	Tel vs IM3	Tel vs XL	Tel vs Smf	IM3 vs XL	XL vs Smf
P1	0.016	0.004	0.014	0.020	0.010
P2	0.008	0.001	0.025	0.007	0.026
P3	0.000	0.007	0.003	0.007	0.010
P4	0.007	0.002	0.009	0.005	0.007
P5	0.025	0.030	0.014	0.005	0.016
P6	0.014	0.018	0.005	0.004	0.013
<b>Mean</b>	<b>0.012</b>	<b>0.010</b>	<b>0.012</b>	<b>0.008</b>	<b>0.014</b>

Terkait ketelitian pada sumbu *easting* (tabel 3), nilai rata-rata perbedaan terbesar pada enam titik pengamatan diberikan oleh XL yang dibandingkan dengan Smartfren yaitu sebesar 0.014 m. Adapun nilai rata-rata perbedaan terkecil diberikan oleh provider IM3 yang dibandingkan dengan XL sebesar 0.008 m. Secara umum, nilai rata-rata total perbandingan setiap provider pada setiap titik pengamatan adalah sebesar 0.011 m.

Tabel 4. Selisih Perbedaan Setiap Provider Penyedia Internet Di Sumbu *Northing*

Titik	Sumbu Northing (m)				
	Tel vs IM3	Tel vs XL	Tel vs Smf	IM3 vs XL	XL vs Smf
P1	0.015	0.029	0.028	0.044	0.001
P2	0.006	0.005	0.005	0.001	0.010
P3	0.043	0.006	0.004	0.037	0.010
P4	0.033	0.014	0.007	0.019	0.007
P5	0.023	0.025	0.021	0.048	0.004
P6	0.011	0.008	0.008	0.003	0.000
<b>Mean</b>	<b>0.022</b>	<b>0.014</b>	<b>0.012</b>	<b>0.025</b>	<b>0.005</b>

Berdasarkan data pengamatan pada sumbu *northing* (tabel 4), nilai rata-rata perbedaan terbesar pada enam titik pengamatan diberikan oleh provider IM3 yang dibandingkan dengan XL yaitu sebesar 0.025 m. Adapun nilai rata-rata perbedaan terkecil diberikan oleh provider XL yang dibandingkan dengan Smartfren sebesar 0.005 m. Secara umum, nilai rata-rata total perbandingan setiap provider pada setiap titik pengamatan adalah sebesar 0.016 m.

Tabel 5. Selisih Perbedaan Data Tinggi Setiap Provider Penyedia Internet

Titik	Data Tinggi (m)				
	Tel vs IM3	Tel vs XL	Tel vs Smf	IM3 vs XL	XL vs Smf
	P1	0.046	0.019	0.042	0.065
P2	0.012	0.019	0.033	0.031	0.052
P3	0.075	0.057	0.059	0.018	0.002
P4	0.041	0.065	0.039	0.024	0.026
P5	0.029	0.025	0.021	0.048	0.004
P6	0.081	0.076	0.109	0.005	0.033
<b>Mean</b>	<b>0.047</b>	<b>0.044</b>	<b>0.050</b>	<b>0.032</b>	<b>0.023</b>

Untuk data tinggi (tabel 5), nilai rata-rata perbedaan terbesar diberikan oleh provider Telkomsel yang dibandingkan dengan Smartfren sebesar 0.050 m. Adapun nilai rata-rata perbedaan terkecil diberikan oleh provider XL yang dibandingkan dengan Smartfren. Secara umum, nilai rata-rata total perbandingan setiap provider pada setiap titik pengamatan adalah sebesar 0.039 m.

Tabel 6. Selisih Perbedaan Jarak Datar Setiap Provider Penyedia Internet

Titik	Jarak Datar (m)				
	Tel vs IM3	Tel vs XL	Tel vs Smf	IM3 vs XL	XL vs Smf
	P1	0.022	0.029	0.031	0.048
P2	0.010	0.005	0.029	0.007	0.028
P3	0.043	0.009	0.005	0.038	0.014
P4	0.034	0.014	0.011	0.020	0.010
P5	0.034	0.039	0.025	0.048	0.016
P6	0.018	0.020	0.009	0.005	0.013
<b>Mean</b>	<b>0.027</b>	<b>0.019</b>	<b>0.019</b>	<b>0.028</b>	<b>0.015</b>

Terkait perbedaan jarak datar (Tabel 6), nilai rata-rata perbedaan terbesar diberikan oleh provider IM3 yang dibandingkan dengan XL sebesar 0.028 m. Adapun nilai rata-rata perbedaan terkecil diberikan oleh provider XL yang dibandingkan dengan Smartfren. Secara umum, nilai rata-rata total perbandingan setiap provider pada setiap titik pengamatan adalah sebesar 0.022m.

Meskipun terdapat perbedaan akurasi, baik pada ketelitian horizontal dan vertical, akan tetapi masih dalam kisaran centimeter. Hal ini sesuai

dengan penelitian yang dilakukan oleh Dabove (2019) dan Alkan, Erol, İlçi, dkk. (2020) yang menyatakan bahwa akurasi horizontal maupun vertical yang diberikan oleh metode survey GNSS NRTK adalah dalam kisaran ketelitian sentimeter.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa akurasi horisontal terbaik diberikan oleh provider XL sebesar 0.012 m dan yang terburuk adalah IM3 sebesar 0.023 m. Sama halnya dengan ketelitian horizontal, penyedia layanan yang memberikan akurasi vertikal terbaik adalah XL sebesar 0.023 m dan yang terburuk adalah IM3 sebesar 0.037 m.

Terkait dengan ketelitian pada sumbu easting, nilai rata-rata perbedaan terbesar n diberikan oleh XL yang dibandingkan dengan Smartfren yaitu sebesar 0.014 m, sementara nilai rata-rata perbedaan terkecil diberikan oleh provider IM3 yang dibandingkan dengan XL sebesar 0.008 m. Untuk sumbu northing, nilai rata-rata perbedaan terbesar diberikan oleh provider IM3 yang dibandingkan dengan XL yaitu sebesar 0.025 m. Adapun nilai rata-rata perbedaan terkecil diberikan oleh provider XL yang dibandingkan dengan Smartfren sebesar 0.005 m. Adapun untuk data tinggi, nilai rata-rata perbedaan terbesar diberikan oleh provider Telkomsel yang dibandingkan dengan Smartfren sebesar 0.050 m. Adapun nilai rata-rata perbedaan terkecil diberikan oleh provider XL yang dibandingkan dengan Smartfren.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abedi, A. A., Mosavi, M. R., & Mohammadi, K. (2020). A new recursive satellite selection method for multi-constellation GNSS. *Survey Review*, 52(373), 330–340. <https://doi.org/10.1080/00396265.2019.1574113>
- Alkan, R. M., Erol, S., İlçi, V., & Ozulu, M. (2020). Comparative analysis of real-time kinematic and PPP techniques in dynamic environment. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 163,1–12. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.107995>
- Alkan, R. M., Erol, S., Ozulu, I. M., & Ilci, V. (2020). Accuracy Comparison of Post-processed PPP and Real-time Absolute

- Positioning Techniques. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11(1), 178–190. <https://doi.org/10.1080/19475705.2020.1714752>
- Correa-Muños, N. A., & Cerón-Calderón, L. A. (2018). Precision and accuracy of the static GNSS method for surveying networks used in civil engineering. *Ingenieria e Investigacion*, 38(1), 52–59. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v38n1.64543>
- Dabove, P. (2019). The usability of GNSS mass-market receivers for cadastral surveys considering RTK and NRTK techniques. *Geodesy and Geodynamics*, 10(4), 282–289. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2019.04.006>
- Edwinanto. (2020). Strategi Implementasi 4G / LTE Pada Jaringan Operator Selular PT . Telkomsel Indonesia. *Informatika Dan Teknologi Komunikasi*, 1(1), 1–15.
- Erol, S., Alkan, R. M., Ozulu, M., & İlçi, V. (2020). Impact of different sampling rates on precise point positioning performance using online processing service. *Geo-Spatial Information Science*, 24(2), 302–312. <https://doi.org/10.1080/10095020.2020.1842811>
- Erol, S., Alkan, R. M., Ozulu, M., & İlçi, V. (2020). Performance analysis of real-time and post-mission kinematic precise point positioning in marine environments. *Geodesy and Geodynamics*, 11(6), 401–410. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2020.09.002>
- Hamidi, M., & Javadi, P. (2017). The Analysis of Scientific and Commercial Softwares Accuracy in GPS Observation Processing. *Open Journal of Geology*, 07(03), 267–278. <https://doi.org/10.4236/ojg.2017.73019>
- Luo, X., Schaufler, S., Branzanti, M., & Chen, J. (2020). Assessing the benefits of Galileo to high-precision GNSS positioning – RTK, PPP and post-processing. *Advances in Space Research*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2020.08.022>
- Pepe, M. (2018). Cors architecture and evaluation of positioning by low-cost GNSS receiver. *Geodesy and Cartography*, 44(2), 36–44. <https://doi.org/10.3846/gac.2018.1255>
- Pepe, M., & Costantino, D. (2022). Measurement in Network-RTK for the Survey And Representation of A Quarry: Potentials And Limits. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 70(1), 233–239. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V70I1P228>
- Ramadhon, S. (2015). Analisis Pengaruh Total Electron Content (TEC) Di Lapisan Ionosfer Pada Data Pengamatan GNSS RT-PPP. *Swara Patra*, 5(1), 29–30.
- Ramadhon, S. (2020). Pengaruh Lingkungan Pengamatan pada Ketelitian Horisontal GNSS dengan Metode RTK-NTRIP. *Jurnal Nasional Pengelolaan Energi MigasZoom*, 2(1), 27–35. <https://doi.org/10.37525/mz/2020-1/249>
- Ramadhon, S., Miko, W. W., & Nugraha, G. (2020). Perbandingan Ketelitian Posisi Tiga Dimensi dari Perangkat Lunak Pengolahan Data GNSS Komersial. *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 3(2), 106. <https://doi.org/10.22146/jgise.58768>
- Ramadhon, S., Tryono, F. Y., Fauzi, I., & Pramudita, G. N. (2022). Perbandingan Ketelitian GNSS dengan Metode NRTK, Real-Time PPP dan Post-Processed PPP. *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 5(2), 1. <https://doi.org/10.22146/jgise.73558>

