



Perbandingan Ketelitian Posisi Tiga Dimensi dari Perangkat Lunak Pengolahan Data GNSS Komersial

Comparison of Three Dimensional Positioning Accuracy of Commercial GNSS Data Processing Software

Syafril Ramadhon¹, Wahyu Widiat Miko², Gian Nugraha³

¹ Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi Kementerian ESDM, Indonesia

² PT. Asaba Surveying Division, Indonesia

³ PT. GPSLands Indosolutions, Indonesia

Penulis Korespondensi: Syafril Ramadhon | **Email:** syafril.ramadhon@gmail.com

Diterima (*Received*): 19/08/2020 Direvisi (*Revised*): 19/10/2020 Diterima untuk Publikasi (*Accepted*): 23/10/2020

ABSTRAK

Pasar *receiver* GNSS di Indonesia sudah semakin berkembang dan bergerak ke arah positif, yang ditandai dengan penjualan yang semakin meningkat serta semakin beragamnya merek *receiver* GNSS dan perangkat lunak pengolahan data yang ada di pasaran. Atas dasar banyaknya perangkat lunak pengolahan data GNSS yang beredar di Indonesia, maka rumusan masalah yang dikedepankan dalam penelitian ini adalah apakah setiap perangkat lunak pengolahan data GNSS dapat memberikan hasil koordinat tiga dimensi yang sama dari suatu data pengukuran. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan koordinat tiga dimensi hasil survei GNSS menggunakan tiga perangkat lunak pengolahan data GNSS komersial. Metode yang digunakan adalah dengan membandingkan data survei GNSS menggunakan metode relatif diferensial static pada moda radial pada delapan titik pengamatan dengan panjang *baseline* < 300 m dan lama pengukuran > 30 menit menggunakan tiga perangkat lunak pengolahan data GNSS komersial, yaitu *Trimble Business Center* (TBC), *Leica Geo Office* (LGO), dan *MAGNET Tools* (MT). Hasil penelitian memberikan kesimpulan bahwa terdapat perbedaan hasil pengolahan data koordinat tiga dimensi pada tiga perangkat lunak pengolahan data GNSS komersial di delapan titik pengamatan dengan perbedaan maksimum kisaran 5 mm pada sumbu *northing*, 9 mm pada sumbu *easting*, dan 68 mm pada data tinggi.

Kata Kunci: GNSS, perangkat lunak pengolahan data GNSS komersial, ketelitian posisi tiga dimensi

ABSTRACT

GNSS receiver market in Indonesia is getting developed and moving toward a positive direction, which is characterized by the increased sales; and the more various brands of GNSS receivers and data processing softwares in the market. Due to the number of the data processing softwares in Indonesia, the problem formulation of this study is whether any GNSS data processing software can provide the same three-dimensional coordinate results of a measurement datum. Therefore, this study aims to compare the three-dimensional coordinate results of GNSS survey using three commercial GNSS data processing softwares. The method applied in this study is to compare the GNSS survey data utilizing the relative static differential method in the radial mode at eight observation points with the baseline length of <300 m and the measurement time of > 30 minutes using three commercial GNSS data processing softwares, namely *Trimble Business Center* (TBC), *Leica Geo Office* (LGO), and *MAGNET Tools* (MT). This study presents that there are differences of the three-dimensional coordinate results using three commercial GNSS data processing softwares at eight observation points. The maximum differences are about 5 mm on the *northing* axis, 9 mm on *easting* axis, and 68 mm on the height data.

Keywords: GNSS, commercial GNSS data processing software, three dimensional position accuracy

© Author(s) 2020. This is an open access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0).

1. Pendahuluan

Global Navigation Satellite Systems merupakan kumpulan sistem satelit penentuan posisi yang sekarang beroperasi ataupun masih direncanakan yang terdiri atas

Global Positioning Systems (GPS), GLONASS, Galileo, BeiDou, dan sistem satelit lainnya (Jeffrey, 2010). Pada beberapa tahun terakhir, GNSS telah mengalami kemajuan yang signifikan, karena Galileo dan BeiDou sudah hampir mencapai kemampuan operasional secara penuh, serta

ditambah dengan telah dioperasikannya beberapa system satelit navigasi regional seperti *Indian Regional Navigation Satellite System* (IRNSS) dan *Quasi-Zenith Satellite Systems* (QZSS) milik Jepang, yang berdampak pada semakin meningkatnya reliabilitas dan akurasi data posisi yang dihasilkan (Lipatnikov & Shevchuk, 2019).

GNSS umumnya digunakan untuk menyediakan informasi posisi secara 3 dimensi yang teliti di seluruh permukaan bumi dengan reliabilitas tinggi, yang tidak bergantung kepada waktu, cuaca, maupun saling keterlihatan antar alat seperti halnya peralatan survei dan pemetaan lainnya (Ghilani & Wolf, 2012). Akan tetapi, ketelitian data informasi posisi berupa koordinat dari GNSS dipengaruhi oleh kesalahan dan bias data (Pirti, Tunalioglu, Ocalan, & Hosbas, 2016). Kesalahan dan bias data GNSS terdiri atas medium propagasi sinyal (*Ionospheric* dan *Tropospheric*), obstruksi sinyal dan *multipath*, konfigurasi geometri satelit, kesalahan data orbit satelit serta kesalahan jam satelit (Baybura, Tiryakioğlu, Uğur, Solak, & Şafak, 2019).

Metode yang digunakan untuk mereduksi dan bahkan mengeliminasi berbagai bias dan kesalahan data GNSS sehingga memberikan ketelitian data yang optimum adalah dengan melakukan penentuan posisi secara relatif diferensial (Han, Wu, & Liu, 2012; Ocalan, Erdogan, Tunalioglu, & Durdag, 2016; Correa-Muñoz & Cerón-Calderón, 2018). Prinsip metode penentuan posisi secara relatif diferensial adalah dengan melakukan akuisisi data menggunakan minimum dua *receiver* GNSS geodetik yang secara simultan mengamati satelit-satelit GNSS, dimana satu *receiver* GNSS ditempatkan pada titik ikat pemetaan yang sudah diketahui koordinatnya (*base*), dan *receiver* lainnya ditempatkan pada titik yang akan ditentukan koordinatnya (*rover*), sehingga data *receiver* GNSS baik di *base* maupun di *rover* yang mengamati satelit yang sama secara simultan, akan saling mengurangi (*differencing*) berbagai kesalahan dan bias yang kemudian berdampak pada kesalahan dan bias pada *rover* dapat dihilangkan atau dikurangi, sehingga koordinat yang dihasilkan akan semakin teliti (Alkan, Erol, Ozulu, & Ilci, 2020).

Metode survei GNSS relatif diferensial statik telah banyak digunakan untuk menghasilkan koordinat tiga dimensi dengan ketelitian tinggi (Correa-Muñoz & Cerón-Calderón, 2018). Pada metode ini, proses *differencing* data dilakukan secara *post-processing* menggunakan perangkat lunak pengolahan data GNSS (Alkan et al., 2020). Secara umum, perangkat lunak pengolahan data GNSS dibagi menjadi dua kelompok, yaitu perangkat lunak saintifik yang dikembangkan oleh universitas atau pusat penelitian yang terpercaya untuk mendapatkan ketelitian data GNSS yang sangat akurat, serta perangkat lunak komersial yang dikembangkan oleh perusahaan yang memproduksi *receiver* GNSS sebagai sarana untuk mengolah data untuk keperluan pengguna secara praktis (Hamidi & Javadi, 2017). Meskipun memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan dengan perangkat lunak komersial, kompleksitas penggunaan perangkat lunak saintifik membuat perangkat lunak ini sulit untuk dipahami dan juga dikuasai (Wang, 2013). Berbeda halnya dengan

perangkat lunak komersial yang didesain *user friendly* sehingga para pengguna dapat dengan cepat menguasai perangkat lunak tersebut (Hamidi & Javadi, 2017).

Pasar GNSS di Indonesia sendiri sudah semakin berkembang dan bergerak ke arah positif (Andreas & Noveriansyah, 2019). Hal tersebut ditunjukkan berdasarkan data penjualan *receiver* GNSS tipe geodetik dari berbagai merek yang pada tahun 2018 terjual sebanyak 3430 unit, dan pada tahun 2019 terjual sebanyak 5000 unit (PT. GPSLands Indosolutions, 2020). Adapun jumlah merek *receiver* GNSS yang beredar di Indonesia berjumlah 12 (PT. GPSLands Indosolutions, 2020). Umumnya, perangkat lunak pengolahan data GNSS komersial dijual satu paket dengan *receiver* GNSS, sehingga setiap merek *receiver* GNSS mempunyai perangkat lunak pengolahan data sendiri (Gülmez & Tuşat, 2017).

Dengan banyaknya perangkat lunak pengolahan data GNSS komersial tentunya menimbulkan pertanyaan, apakah setiap perangkat lunak tersebut dapat memberikan hasil koordinat 3 dimensi yang sama dari suatu data pengukuran. Penelitian mengenai hal tersebut telah dilakukan oleh Mageed (2015) dengan membandingkan hasil koordinat 3 dimensi yang diukur menggunakan GNSS dengan moda radial pada 14 titik menggunakan tiga perangkat lunak komersial yang berlokasi di Riyadh Arab Saudi. Akan tetapi, penelitian tersebut dilakukan pada tahun 2015 yang berlokasi di Arab Saudi yang tentunya mempunyai karakteristik yang berbeda dengan di Indonesia, karena Indonesia memiliki potensi keterlihatan satelit GNSS tertinggi di dunia (Technische Universität München, n.d.).

Atas dasar tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk membandingkan koordinat 3 dimensi hasil survei GNSS menggunakan metode relatif diferensial statik pada 8 titik pengamatan yang berlokasi di Kabupaten Bandung Barat Provinsi Jawa Barat Indonesia menggunakan tiga perangkat lunak pengolahan data GNSS komersial. Analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil pengolahan data setiap perangkat lunak berupa koordinat 3 dimensi pada setiap titik. Penelitian ini memiliki signifikansi untuk menginformasikan kepada para pengguna GNSS mengenai kisaran perbedaan koordinat 3-dimensi yang dihasilkan dari pengolahan data beberapa perangkat lunak GNSS komersial.

2. Data dan Metodologi

2.1. Data dan Lokasi

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data posisi 3 dimensi hasil pengamatan GNSS yang dilakukan dengan metode relatif diferensial statik dalam moda radial pada 8 titik pengamatan. Alat yang digunakan adalah GNSS tipe geodetik dual frekuensi yang terdiri atas 1 buah GNSS Trimble R10 (*base*) dan 4 buah GNSS Trimble R6 (*rover*) dengan data satelit yang digunakan adalah GPS dan GLONASS.

Perangkat lunak pengolahan data GNSS komersial yang digunakan adalah: *Trimble Business Center* (TBC), *Leica Geo Office* (LGO), dan *MAGNET Tools* (MT). Perangkat

lunak yang digunakan tersebut memiliki lisensi resmi dari setiap vendor alat GNSS. Penelitian dilaksanakan di Kampus Lapangan Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Geologi Mineral dan Batubara pada tanggal 09 Maret 2020 yang berlokasi di Kecamatan Cipatat Kabupaten Bandung Barat Provinsi Jawa Barat Indonesia. Lokasi *Base* dan titik-titik pengamatan GNSS yang disimbolkan dengan huruf "R" diberikan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Lokasi *base* dan titik pengamatan

2.2. Metodologi

Sesuai dengan tujuan penelitian, maka faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kualitas data 3 dimensi yang dihasilkan GNSS harus direduksi, sehingga data yang diperoleh dalam kondisi ideal. Faktor-faktor utama yang mempengaruhi tingkat keketelitian posisi yang dihasilkan GNSS selain menggunakan metode relatif diferensial statik adalah lama pengukuran, jenis *receiver* GNSS, geometri satelit (Ocalan, 2016) serta jarak antara *base* dan *rover* yang mengamati satelit yang sama (*baseline*) (Han et al., 2012). Oleh karena itu, faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat ketelitian posisi GNSS yang dihasilkan harus diperhatikan dalam setiap tahapan penelitian.

Pada tahap pertama, dilakukan penentuan lokasi titik-titik pengamatan yang bebas dari obstruksi untuk mengoptimalkan visibilitas dan geometri satelit serta mereduksi efek *multipath* dari lingkungan pengamatan. Penentuan lokasi titik-titik pengamatan, selain memperhitungkan faktor obstruksi juga didesain agar panjang *baseline* < 1 km. Penentuan panjang *baseline* tersebut dilakukan untuk memperkecil pengaruh bias ionosfer dan troposfer, serta untuk memaksimalkan kemampuan perangkat lunak GNSS komersial yang optimal untuk panjang *baseline* < 10 km (Baybura dkk., 2019).

Pada tahap kedua, dilakukan akuisisi data GNSS menggunakan metode relatif diferensial statik dalam moda radial. Berdasarkan Ghilani & Wolf (2012) yang menyatakan bahwa untuk mendapatkan ketelitian $\pm (3 \text{ s.d } 5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$, maka lama pengukuran untuk *receiver* GNSS dual frekuensi adalah selama 20 menit + 2 menit/km. Oleh karena itu, untuk mengoptimalkan kualitas data dan untuk memberikan ukuran lebih

sehingga bias mendapatkan ketelitian $\leq 5 \text{ mm}$, maka waktu pengamatan pada setiap *baseline* dibuat > 30 menit.

Pada penelitian ini, pengamatan GNSS di *base* dan *rover* dilakukan pada *epoch rate* 15 detik dan *mask angle* 15° yang disesuaikan dengan spesifikasi teknis terkait metode dan strategi pengamatan jaring titik control geodetic untuk orde 2 s.d Orde 4 berdasarkan SNI 19-6724-2002. Adapun pengukuran tinggi antena *receiver* GNSS dilakukan pada *lever of R10 extension* untuk *base* dan *center of bumper* untuk *rover* pada ketiga sisi secara *slant*. Secara spesifik, panjang *baseline* dan lama pengukuran dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Panjang *baseline* dan lama pengukuran

<i>Baseline</i>	Jarak (m)	Lama Pengukuran
Base-R1	± 57	34'50"
Base-R2	± 79	36'50"
Base-R3	± 178	37'30"
Base-R4	± 203	31'10"
Base-R5	± 254	32'20"
Base-R6	± 275	35'10"
Base-R7	± 254	50'30"
Base-R8	± 288	43'00"

Pada tahap ketiga dilakukan pengolahan data GNSS menggunakan tiga perangkat lunak pengolahan data GNSS komersial. Keluaran utama pada tahapan ini adalah data koordinat 3-dimensi titik-titik pengamatan. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak TBC dilakukan menggunakan format data asli dari alat. Agar bisa diolah oleh perangkat lunak LGO, dan MT, maka data hasil pengukuran dirubah formatnya menjadi *Receiver Independent Exchange* (RINEX). Agar data posisi 3 dimensi yang dihasilkan sesuai dengan tujuan penelitian, maka tidak dilakukan modifikasi terhadap data pengukuran.

Pada tahap keempat dilakukan analisis data. Kegiatan ini dilaksanakan dengan membandingkan hasil pengolahan data koordinat 3 dimensi setiap perangkat lunak pada setiap titik pengamatan berdasarkan nilai rata-rata dan selisih antar perangkat lunak di setiap titik pengamatan. Untuk memudahkan analisis data, data koordinat 3 dimensi disajikan dalam system koordinat *Universal Transverse Mercator* (UTM) dengan bidang referensi tinggi yang digunakan adalah tinggi ellipsoid dengan datum geodesi *World Geodetic Systems* (WGS) 1984.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengolahan data berupa posisi 3 dimensi dari delapan titik pengamatan yang diolah menggunakan tiga perangkat lunak pengolahan data GNSS diberikan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Posisi tiga dimensi hasil pengolahan data tiga perangkat lunak GNSS pada setiap titik pengamatan

Nama Titik	Koordinat (m) UTM zone 48 S			Perangkat Lunak
	Northing	Easting	Elevation	
R1	9243755.614	770193.356	850.054	TBC
	9243755.615	770193.359	850.047	MT
	9243755.617	770193.359	850.013	LGO
R2	9243736.721	770169.674	850.363	TBC
	9243736.720	770169.672	850.337	MT
	9243736.724	770169.678	850.323	LGO
R3	9243708.527	770074.319	848.122	TBC
	9243708.526	770074.325	848.073	MT
	9243708.530	770074.320	848.081	LGO
R4	9243704.357	770049.386	847.600	TBC
	9243704.358	770049.392	847.560	MT
	9243704.360	770049.388	847.560	LGO
R5	9243683.053	770002.344	843.191	TBC
	9243683.053	770002.353	843.123	MT
	9243683.056	770002.347	843.153	LGO
R6	9243674.063	769982.209	840.244	TBC
	9243674.060	769982.217	840.185	MT
	9243674.065	769982.209	840.202	LGO
R7	9243715.522	769996.560	849.040	TBC
	9243715.520	769996.560	849.020	MT
	9243715.524	769996.560	849.002	LGO
R8	9243738.436	769961.235	850.941	TBC
	9243738.433	769961.241	850.903	MT
	9243738.437	769961.236	850.896	LGO

Pembahasan hasil penelitian secara spesifik akan difokuskan pada posisi horisontal dan data tinggi.

3.1. Posisi Horisontal

Pembahasan hasil penelitian pada posisi horisontal diberikan pada hasil pengolahan data di sumbu *Northing* dan sumbu *Easting*. Berdasarkan hasil pengolahan data di sumbu *northing* terdapat perbedaan nilai rata-rata hasil antara perangkat TBC dan MT sebesar 1mm, TBC dan LGO sebesar 2 mm, serta MT dan LGO sebesar 3 mm. Adapun selisih terbesar antar perangkat lunak adalah: 3 mm pada TBC dan MT, 3 mm pada TBC dan LGO, serta 5 mm pada MT dan LGO.

Pada sumbu *easting*, berdasarkan hasil pengolahan data di terdapat perbedaan nilai rata-rata hasil antara perangkat TBC dan MT sebesar 5 mm, TBC dan LGO sebesar 2 mm, serta MT dan LGO sebesar 4 mm. Adapun selisih terbesar antar perangkat lunak adalah: 9 mm pada TBC dan MT, 4 mm pada TBC dan LGO, serta 8 mm pada MT dan LGO.

Tabel 3.2 Selisih nilai koordinat antar perangkat lunak di sumbu *northing*

Titik	Sumbu Northing (m)		
	TBC-MT	TBC-LGO	MT-LGO
R1	0.001	0.003	0.002
R2	0.001	0.003	0.004
R3	0.001	0.003	0.004
R4	0.001	0.003	0.002
R5	0.000	0.003	0.003
R6	0.003	0.002	0.005
R7	0.002	0.002	0.004
R8	0.003	0.001	0.004
Mean	0.001	0.002	0.003
SD	0.001	0.001	0.001

Secara umum, hasil pengolahan data di sumbu *northing* memiliki perbedaan hasil antar perangkat lunak yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan sumbu *easting*. Akan tetapi, yang perlu menjadi perhatian adalah dengan *baseline* yang relatif pendek (< 300m), lokasi pengukuran yang bebas obstruksi, serta durasi pengukuran yang relatif lama, selisih perbedaan maksimum lunak di sumbu *northing* adalah 5 mm dan bahkan di sumbu *easting* mencapai 9 mm.

Tabel 3.3 Selisih nilai koordinat antar perangkat lunak di sumbu *easting*

Titik	Sumbu Easting (m)		
	TBC-MT	TBC-LGO	MT-LGO
R1	0.003	0.003	0.000
R2	0.002	0.004	0.006
R3	0.006	0.001	0.005
R4	0.006	0.002	0.004
R5	0.009	0.003	0.006
R6	0.008	0.000	0.008
R7	0.000	0.000	0.000
R8	0.006	0.001	0.005
Mean	0.005	0.002	0.004
SD	0.003	0.001	0.003

Sebagai perbandingan, berdasarkan penelitian Mageed (2015) yang melakukan pengukuran menggunakan *receiver* GNSS trimble R8 (*base* dan *rover*) untuk kemudian diolah menggunakan tiga perangkat lunak pengolahan data GNSS komersial dengan *baseline* sepanjang 2.1 km dan lama pengukuran 60 menit didapatkan hasil selisih maksimum tiga perangkat lunak di sumbu *northing* adalah 4 mm dan di sumbu *easting* mencapai 8 mm. Adapun

berdasarkan penelitian El-Hattab (2013) yang melakukan pengukuran menggunakan *receiver* GNSS Leica GS15 (*base* dan *rover*) untuk kemudian diolah menggunakan dua perangkat lunak pengolahan data GNSS komersial dengan *baseline* sepanjang 27.3 km dan lama pengukuran 3 jam, didapatkan hasil selisih maksimal di sumbu *northing* adalah 4 mm dan di sumbu *easting* 6 mm. Akan tetapi, apabila jenis *receiver* GNSS antara *base* dan *rover* tidak sama (Leica GS15 di *base* dan Trimble R-8 di *rover*), selisih posisi horizontal apabila dibandingkan dengan posisi horizontal yang didapat menggunakan alat yang sama di *base* dan *rover* mencapai 39 mm di sumbu *northing* dan 14 mm di sumbu *easting* (El-Hattab, 2013).

Berdasarkan dua penelitian tersebut, apabila dikaitkan dengan data hasil penelitian, dimana *receiver* GNSS yang digunakan pada *base* adalah Trimble R10 dan pada *rover* adalah Trimble R6, maka faktor utama yang kemungkinan besar menyebabkan perbedaan maksimum hasil antar perangkat lunak di sumbu *northing* yang mencapai 5 mm dan 9 mm di sumbu *easting* adalah karena jenis *receiver* GNSS yang digunakan antara *base* dan *rover* berbeda, karena faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi kualitas data pada saat akuisisi data telah direduksi.

3.2. Data Tinggi

Berdasarkan hasil pengolahan data tinggi, terdapat perbedaan nilai rata-rata perbedaan hasil antara perangkat TBC dan MT sebesar 38 mm, TBC dan LGO sebesar 41 mm, serta MT dan LGO sebesar 16 mm. Adapun selisih terbesar antar perangkat lunak adalah: 68 mm pada TBC dan MT, 45 mm pada TBC dan LGO, serta 34 mm pada MT dan LGO.

Tabel 3.4 Selisih data tinggi antar perangkat lunak

Titik	Data Tinggi (m)		
	TBC-MT	TBC-LGO	MT-LGO
R1	0.007	0.041	0.034
R2	0.026	0.040	0.014
R3	0.049	0.041	0.008
R4	0.040	0.040	0.000
R5	0.068	0.038	0.030
R6	0.059	0.042	0.017
R7	0.020	0.038	0.018
R8	0.038	0.045	0.007
Mean	0.038	0.041	0.016
SD	0.020	0.002	0.012

Perbedaan data tinggi yang dihasilkan setiap perangkat lunak secara umum memiliki perbedaan yang cukup tinggi. Hasil tersebut kemungkinan disebabkan karena dua faktor, yaitu: faktor pengaruh offset pusat fase antena dan faktor penggunaan jenis *receiver* GNSS yang berbeda pada *base* dan *rover* pada saat akuisisi data.

Pada faktor pertama, pengaruh offset pusat fase antena dapat terjadi apabila jenis tipe antena *receiver* GNSS yang

digunakan pada saat akuisisi data tidak terdapat atau tidak secara spesifik sama pada perangkat lunak yang tidak satu pabrikan dengan alat. Sebagai ilustrasi, tipe antena *receiver* GNSS yang digunakan untuk akuisisi data pada penelitian ini adalah Trimble R10 Internal pada *base* dengan pengukuran tinggi pada *lever of R10 extension* dan Trimble R6-2 internal dengan pengukuran tinggi pada *center of bumper*. Apabila perangkat lunak yang digunakan adalah TBC yang satu pabrikan dengan *receiver* GNSS Trimble, tentunya jenis antena dan letak pengukuran tinggi akan terdapat dalam opsi di perangkat lunak, bahkan muncul secara otomatis pada perangkat lunak tersebut. Akan tetapi, apabila pengolahan data berdasarkan data RINEX dan dilakukan dengan perangkat lunak yang berbeda pabrikan dengan alat yang digunakan, maka terdapat dua kemungkinan. Kemungkinan yang pertama adalah jenis antena yang digunakan pada saat akuisisi data tidak terdapat dalam opsi jenis antena, sehingga tipe antena berpotensi dipilih berdasarkan kedekatan karakteristik tipe. Pada kemungkinan yang kedua, adalah letak titik pengukuran tinggi alat tidak terdapat dalam opsi, sehingga akhirnya dipilih yang dianggap sama. Hal ini tentunya sangat berpotensi menyebabkan perbedaan offset pada pusat fase antena, sehingga berdampak pada perbedaan data tinggi yang dihasilkan.

Pada faktor kedua, disebabkan karena jenis *receiver* GNSS yang digunakan pada *base* dan *rover* berbeda pada saat akuisisi data. Pengaruh perbedaan jenis *receiver* GNSS antara di *base* dan *rover* pada data tinggi juga dibahas pada penelitian El-Hattab (2013) yang menyatakan apabila *base* dan *rover* menggunakan alat yang sama, kemudian diolah menggunakan perangkat lunak yang berbeda dengan memperhitungkan variasi offset pusat fase antena, maka memberikan selisih data tinggi maksimum sebesar 6 mm. Namun, apabila digunakan *receiver* GNSS yang berbeda antara *base* dan *rover*, terdapat selisih data tinggi apabila dibandingkan dengan data tinggi menggunakan alat di *base* dan *rover* yang sama hingga mencapai 77 mm.

Berdasarkan penelitian tersebut, pengukuran offset pusat fase antena tentunya harus dilakukan dengan teliti, terutama apabila perangkat lunak yang digunakan untuk mengolah data GNSS berbeda dengan *receiver* yang digunakan. Oleh karena itu disarankan untuk menggunakan jenis *receiver* GNSS yang sama di *base* dan di *rover* sebagai upaya untuk mereduksi pengaruh offset pusat fase antena.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan hasil pengolahan data koordinat 3 dimensi pada delapan titik pengamatan dengan menggunakan tiga perangkat lunak pengolahan data komersial. Pada sumbu *northing* terdapat perbedaan nilai rata-rata hasil antara perangkat TBC dan MT sebesar 1mm, TBC dan LGO sebesar 2 mm, serta MT dan LGO sebesar 3 mm. Adapun selisih terbesar antar perangkat lunak pada

sumbu *northing* adalah: 3 mm pada TBC dan MT, 3 mm pada TBC dan LGO, serta 5 mm pada MT dan LGO. Pada sumbu *easting*, terdapat perbedaan nilai rata-rata hasil antara perangkat TBC dan MT sebesar 5 mm, TBC dan LGO sebesar 2 mm, serta MT dan LGO sebesar 4 mm. Selisih terbesar antar perangkat lunak pada sumbu *easting* adalah: 9 mm pada TBC dan MT, 4 mm pada TBC dan LGO, serta 8 mm pada MT dan LGO. Pada data tinggi, terdapat perbedaan nilai rata-rata perbedaan hasil antara perangkat TBC dan MT sebesar 38 mm, TBC dan LGO sebesar 41 mm, serta MT dan LGO sebesar 16 mm. Selisih terbesar antar perangkat lunak pada data tinggi adalah: 68 mm pada TBC dan MT, 45 mm pada TBC dan LGO, serta 34 mm pada MT dan LGO

Salah satu implementasi dari survei GNSS adalah untuk membuat titik kerangka dasar pemetaan dalam pembuatan peta Rupa Bumi Indonesia (RBI). Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar, ketentuan ketelitian geometri posisi horisontal maupun vertikal peta Rupa Bumi Indonesia pada berdasarkan skala dan kelas peta dapat ditentukan berdasarkan tabel 4.1.

Tabel 4.1 Ketentuan ketelitian geometri peta RBI berdasarkan kelas

Ketelitian	Kelas 1 (m)	Kelas 2 (m)	Kelas 3 (m)
Horisontal	0.2 mm x bilangan skala	0.3 mm x bilangan skala 1.5 x	0.5 mm x bilangan skala 2.5 x
Vertikal	0.5 x interval kontur	ketelitian kelas1	ketelitian kelas 1

Sebagai ilustrasi, berdasarkan tabel 4.1, perbedaan hasil posisi horisontal tertinggi sebesar 5 mm pada sumbu *northing* dan 8 mm pada sumbu *easting*, serta perbedaan data tinggi tertinggi sebesar 68 mm, masih dapat digunakan untuk peta kelas 1 pada skala 1:1000. Hal tersebut disebabkan karena syarat ketelitian geometri posisi horisontal dan vertikal untuk kelas dan skala peta tersebut adalah sebesar 200 mm.

Penelitian ini memberikan signifikansi berupa informasi kepada pengguna GNSS, khususnya di Indonesia agar sebisa mungkin menggunakan perangkat lunak yang merupakan bawaan dari *receiver* GNSS yang digunakan dalam kegiatan akuisisi data. Untuk melengkapi hasil penelitian ini, diharapkan ada penelitian lanjutan yang khusus meneliti pengaruh penggunaan *receiver* GNSS yang berbeda pada *base* dan *rover*.

5. Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam artikel ini (*The authors declare no competing interest*).

6. Referensi

- 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>
- Andreas, H., & Noveriansyah, S. (2019). Identifying GNSS Market in Indonesia Before and the Future. In *International Symposium on Global Navigation Satellite System 2018* (Vol. 94, pp. 1–6). Bali: E3S Web of Conferences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199403010>
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). SNI-19-6724-2002. Jaring Kontrol Horizontal. Jakarta: Dewan Standarisasi Indonesia
- Baybura, T., Tiryakioğlu, İ., Uğur, M. A., Solak, H. İ., & Şafak, Ş. (2019). Examining the Accuracy of Network RTK and Long Base RTK Methods with Repetitive Measurements. *Journal of Sensors*, 2019, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2019/3572605>
- Correa-Muños, N. A., & Cerón-Calderón, L. A. (2018). Precision and Accuracy of the Static GNSS method for Surveying Networks Used in Civil Engineering. *Ingeniería e Investigación*, 38(1), 52–59. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v38n1.64543>
- EL-Hattab, A. I. (2013). Influence of GPS Antenna Phase Center Variation on Precise Positioning. *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, 2(2), 272–277. <https://doi.org/10.1016/j.nrjag.2013.11.002>
- Ghilani, C. D., & Wolf, P. R. (2012). *Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics* (13th Ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Gülmez, S., & Tuşat, E. (2017). The Analysis of GPS Data in Different Observation Periods Using Online GNSS Process Services. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 4(1), 43–53. <https://doi.org/10.30897/ijgeo.306492>
- 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>
- Han, J.-Y., Wu, Y., & Liu, R.-Y. (2012). Determining the Optimal Site Location of GNSS Base Stations. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 18(1), 154–169. <https://doi.org/10.1590/s1982-21702012000100009>
- Jeffrey, C. (2010). *An Introduction to GNSS: GPS, GLONASS, Galileo and Other Global Navigation Satellite Systems* (First Ed.). Calgary, Alberta, Canada: NovAtel Inc.
- Lipatnikov, L. A., & Shevchuk, S. (2019). *Cost Effective Precise Positioning with GNSS*. Copenhagen: International Federation of Surveyors (FIG).
- Ageed, K. M. A. (2015). Comparison of GPS commercial software packages to processing static baselines up to 30 km. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10(22), 10640–10650.
- Ocalan, T. (2016). Accuracy assessment of GPS precise point Positioning (PPP) technique using different

- web-based online services in a forest environment. *Sumarski List*, 140(7-8), 357-368. <https://doi.org/10.31298/sl.140.7-8.4>
- Ocalan, T., Erdogan, B., Tunalioglu, N., & Durdag, U. M. (2016). Accuracy Investigation of PPP Method Versus Relative Positioning Using Different Satellite Ephemerides Products Near/Under Forest Environment. *Earth Science*, 20(4), 1-9. <https://doi.org/10.15446/esrj.v20n4.59496>
- Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar
- Pirti, A., Tunalioglu, N., Ocalan, T., & Hosbas, R. G. (2016). An alternative method for point positioning in the forested areas. *Sumarski List*, 140(3-4), 155-163. <https://doi.org/10.31298/sl.140.3-4.6>
- PT. GPSlands Indosolutions. (2020). *Geospatial Market Share 2018-2019*.
- Technische Universität München. (n.d.). Satellite Navigation. Retrieved July 24, 2020, from <https://www.fsd.lrg.tum.de/research/sensors-data-fusion-and-navigation/research-and-competence-areas/satellite-navigation/>
- Wang, G. (2013). Teaching High-Accuracy Global Positioning System to Undergraduates Using Online Processing Services. *Journal of Geoscience Education*, 61(2), 202-212. <https://doi.org/10.5408/12-295>