



Perbandingan Posisi Tiga Dimensi Pengukuran GNSS Menggunakan Metode Diferensial Statik dengan Berbagai Variasi *Epoch Rate*

Comparison of Three Dimensional Positions of GNSS Survey Using Static Differential Method with Various Epoch Rate Variations

Syafril Ramadhon

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

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

Diterima (*Received*): 04/06/2021 Direvisi (*Revised*): 29/06/2021 Diterima untuk Publikasi (*Accepted*): 29/06/2021

ABSTRAK

Salah satu faktor yang mempengaruhi ketelitian posisi yang dihasilkan pada pengukuran *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS) dengan metode diferensial statik yaitu *epoch rate*. Penelitian difokuskan dalam menganalisis seberapa besar pengaruh variasi *epoch rate* pada data koordinat tiga dimensi yang dihasilkan pada pengukuran GNSS dengan metode diferensial statik. Metode yang digunakan yaitu membandingkan data koordinat tiga dimensi lima titik pengamatan dari pengukuran GNSS dengan metode diferensial statik dalam moda radial dengan variasi *epoch rate* sebesar 1", 5" 10", dan 15" yang ditetapkan sama pada *receiver* GNSS yang ditempatkan di *base* dan *rover*. Analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil koordinat tiga dimensi pada setiap variasi *epoch rate* di setiap titik pengamatan di sumbu *easting*, *northing*, data tinggi, dan jarak datar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata sebesar 0,005 m pada sumbu *easting*, *northing* dan data tinggi pada setiap variasi *epoch rate*. Adapun pada perbedaan jarak, terdapat perbedaan rata-rata sebesar 0,008 m pada setiap variasi *epoch rate*. Adapun berdasarkan hasil uji signifikansi, tidak ada perbedaan yang signifikan pada variasi *epoch rate* di sumbu *easting*, *northing*, dan data tinggi.

Kata Kunci: *GNSS, epoch rate, diferensial statik*

ABSTRACT

One of the factors affecting the position accuracy resulted in the Global Navigation Satellite System (GNSS) survey using the static differential method is the epoch rate. The research is focused on analysing the influence of the epoch rate variation on the three-dimensional coordinate data generated in the GNSS survey using the static differential method. The method used in this research is by comparing the three-dimensional coordinate data of five observation points from GNSS survey with the static differential method in radial mode with epoch rate variations of 1", 5" 10", and 15" which are set the same on the GNSS receiver placed at base and rover. Data analysis is carried out by comparing the results of three-dimensional coordinates for each variation of the epoch rate at each observation point on the easting, northing, height data, and horizontal distance axes. The results showed that there were average difference of 0,005 m on the easting, northing and high data for each epoch rate variation. Besides, there is an average horizontal distance difference of 0,008 m for each variation of the epoch rate. As the result from significance test, there is no significance effect in the variation of epoch rate on easting, northing, and height data.

Keywords: *GNSS, epoch rate, static differential*

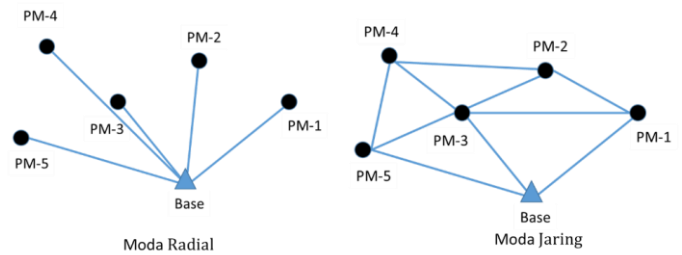
1. Pendahuluan

Global Navigation Satellite Systems (GNSS) merupakan sekumpulan sistem satelit penentuan posisi yang memiliki fungsi utama untuk memberikan posisi tiga dimensi objek di seluruh permukaan bumi (Ramadhon dkk., 2020). Metode penentuan posisi tiga dimensi di permukaan bumi menggunakan GNSS yang paling dasar adalah *single point positioning*, dimana hanya dibutuhkan minimum satu *receiver* GNSS yang mampu menerima minimum empat satelit GNSS (Han dkk., 2012). Akan tetapi, metode tersebut masih dipengaruhi oleh bias dan kesalahan, sehingga untuk mereduksi atau menghilangkan pengaruh kesalahan dan bias tersebut, maka digunakan metode diferensial untuk mendapatkan posisi yang lebih presisi (Han dkk., 2012).

Posisi tiga dimensi dengan metode diferensial didapatkan melalui pengamatan satelit GNSS secara simultan dengan menggunakan minimum dua *receiver* GNSS, dimana satu *receiver* ditempatkan pada titik yang sudah diketahui koordinat tiga dimensinya (*base*) dan *receiver* lainnya ditempatkan pada posisi yang ditentukan koordinatnya (*rover*). Pengukuran GNSS yang dilakukan secara simultan dimaksudkan agar *receiver* GNSS, baik di *base* dan *rover* mengamati data satelit GNSS yang sama, sehingga memiliki kesalahan dan bias yang relatif sama pula. Karena kesalahan dan bias yang relatif sama, maka apabila dilakukan proses *differencing* data, maka akan terjadi reduksi bahkan eliminasi kesalahan yang berdampak kepada semakin baiknya kualitas data koordinat yang dihasilkan (Ramadhon, 2020).

Metode diferensial sendiri dapat dilakukan secara statik dan *Real-Time Kinematic* (Dabove, 2019). Perbedaan utama antara dua metode ini adalah pada proses *differencing* data. Pada metode diferensial static, proses *differencing* data dilakukan secara *post-processing* menggunakan perangkat lunak pengolahan data GNSS (Alkan dkk., 2020). Adapun pada metode diferensial *Real-Time Kinematic* (RTK), proses *differencing* data dilakukan secara *real time*, dimana data satelit dari *receiver* GNSS yang ditempatkan di *base* dikirim melalui sinyal radio atau akses internet kepada *receiver* GNSS yang ditempatkan di *rover*, untuk kemudian diolah (Ramadhon, 2020).

Pengukuran GNSS dengan metode diferensial statik ditujukan untuk mendapatkan koordinat tiga dimensi dengan tingkat presisi yang tinggi (Correa-Muñoz & Cerón-Calderón, 2018). Secara umum, metode diferensial statik sendiri terdiri atas moda radial dan moda jaring (Ramadhon, 2015). Moda radial dilakukan dengan melakukan pengukuran GNSS secara simultan, sehingga terbentuk *baseline* antara *base* dan *rover*. Adapun pada moda jaring, setiap *base* maupun *rover* terhubung minimum oleh dua *baseline*. Ilustrasi moda radial dan jaring diberikan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Moda Radial dan Jaring yang Diadaptasi dari Ramadhon (2015)

Berdasarkan ilustrasi yang diberikan pada Gambar 1.1, pengukuran GNSS diferensial statik dalam moda radial tentunya memiliki waktu operasional yang lebih singkat sehingga berdampak pada biaya operasional yang lebih sedikit apabila dibandingkan dengan moda jaring. Adapun tingkat ketelitian posisi yang dihasilkan berdasarkan Ramadhon (2015) yang melakukan penelitian dengan membandingkan kedua moda tersebut dengan panjang *baseline* < 200 m dan lama pengukuran yang sama, memberikan perbedaan rata-rata sebesar 9,1 mm di sumbu *easting*, 2,7 mm di sumbu *northing*, dan 2,3 cm pada data tinggi.

Secara umum, ketelitian posisi tiga dimensi yang dihasilkan oleh pengukuran GNSS dengan metode diferensial statik dipengaruhi oleh beberapa *faktor*, yaitu: jenis *receiver* GNSS (Weaver dkk., 2015; Correa-Muñoz & Cerón-Calderón, 2018), panjang *baseline* antara *base* dan *rover* (Han dkk., 2012; Hafiz dkk., 2014), lama pengamatan dan geometri satelit (Ocalan dkk., 2016), jenis perangkat lunak pengolahan data GNSS yang digunakan (Hamidi & Javadi, 2017), lingkungan pengamatan (Han dkk., 2012; Khomsin dkk., 2019), dan interval pengamatan atau *epoch rate* (Yuwono & Apsandi, 2018; Erol dkk., 2020). Salah satu faktor yang mempengaruhi ketelitian koordinat tiga dimensi pada metode diferensial statik yaitu *epoch rate*. Secara konseptual, *epoch rate* adalah interval waktu yang ditetapkan untuk merekam data sinyal satelit pada *receiver* GNSS (Ghilani & Wolf, 2012). Umumnya besaran *epoch rate* ditetapkan sebesar 15 detik yang ditetapkan sama, baik pada *receiver* GNSS di *base* maupun di *rover* (Ghilani & Wolf, 2012).

Beberapa penelitian mengenai pengaruh *epoch rate* pada koordinat tiga dimensi hasil pengukuran GNSS telah dilakukan. Pertama yaitu penelitian Yuwono & Apsandi (2018) yang menganalisis data pengukuran GNSS dengan metode diferensial statik dengan berbagai variasi *epoch rate*. Dalam penelitian ini titik ikat yang digunakan sebagai *base* yaitu dua stasiun *Continuously Operating Reference Station* (CORS) milik Badan Informasi Geospasial (BIG) Kota Semarang dan CORS Universitas Diponegoro. Adapun dua penelitian lain yang dilakukan oleh Bahadur & Nohutcu (2020) dan Erol dkk. (2020) berfokus untuk menganalisis data pengukuran GNSS dengan metode *Precise Point Positioning* (PPP) dengan berbagai variasi *epoch rate*. Akan tetapi, pada penelitian-penelitian tersebut, *epoch rate* yang divariasikan terbatas pada *receiver* GNSS yang ditempatkan di *rover*, karena *epoch rate* di *base*, baik berupa CORS maupun stasiun-stasiun

GNSS yang menyediakan layanan PPP tentunya memiliki besaran *epoch rate* yang sudah ditetapkan.

Atas dasar tersebut, maka pertanyaan penelitian yang diajukan yaitu seberapa besar pengaruh *epoch rate* pada koordinat tiga dimensi yang dihasilkan dari pengukuran GNSS dengan metode diferensial dalam mode statik, dimana *epoch rate receiver* GNSS, baik di *base* maupun di *rover* dibuat sama? Berdasarkan pertanyaan penelitian, maka penelitian ini bertujuan untuk membandingkan koordinat tiga dimensi pengukuran GNSS statik dengan berbagai variasi *epoch rate*. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini secara umum yaitu melakukan pengukuran GNSS dengan metode diferensial statik pada lima titik pengamatan yang berlokasi di Kecamatan Cepu Kabupaten Blora Jawa Tengah dengan variasi *epoch rate* sebesar 1", 5", 10" dan 15". Analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil koordinat tiga dimensi pada setiap variasi *epoch rate* di setiap titik pengamatan. Manfaat penelitian ini yaitu untuk memberikan informasi kepada pengguna GNSS mengenai perbedaan hasil koordinat tiga dimensi pada setiap *epoch rate*.

2. Data dan Metodologi

2.1. Data dan Lokasi

Penelitian ini menggunakan data hasil pengukuran GNSS yang dilakukan dengan metode diferensial statik dalam moda radial pada lima titik pengamatan. Pengukuran GNSS dilakukan dengan empat variasi *epoch rate* yaitu 1", 5", 10" dan 15". Pada setiap pengukuran, *epoch rate* pada *receiver* GNSS, baik di *base* dan *rover* di set sama. Alat yang digunakan yaitu GNSS dual frekuensi yang terdiri atas Trimble Net R-9 di *base* dan Trimble R-10 pada *rover* dengan data satelit yang digunakan yaitu GPS dan GLONASS. Perangkat lunak pengolahan data GNSS yang digunakan yaitu *Trimble Business Center* (TBC) dengan lisensi resmi. Adapun proses pengolahan data dilakukan hingga tahapan pemrosesan *baseline* antara titik *base* dan lima titik pengamatan.



Gambar 2.1 Lokasi *Base* dan Titik-Titik Pengamatan

Penelitian dilaksanakan di Kantor Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi (PPSDM Migas) pada tanggal 15 s.d 18 Februari 2021 yang berlokasi di Kecamatan Cepu, Kabupaten Blora

Provinsi Jawa Tengah. Adapun lokasi titik *base* dan titik-titik pengamatan (*rover*) yang dinotasikan dengan huruf A, B, C, D dan E diberikan pada Gambar 2.1.

2.2. Metodologi

Untuk mendapatkan data koordinat tiga dimensi yang ideal dari pengukuran GNSS, maka faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kualitas data tersebut harus direduksi. Faktor tersebut adalah pemilihan lokasi pengamatan yang bebas obstruksi, lokasi dengan nilai *Position Dilution of Precision* lebih kecil dari 10, dan panjang *baseline* yang didesain < 400 m. Panjang *baseline* didesain < 400 m dimaksudkan untuk mengurangi efek troposfer dan ionosfer. Hal tersebut didasarkan Han dkk. (2012) yang menyatakan bahwa dengan semakin pendeknya jarak *baseline*, maka akan berdampak pada peningkatan kualitas data koordinat yang dihasilkan. Bahkan, menurut Baybura dkk. (2019), panjang *baseline* yang tidak melebihi 10 km dapat mengabaikan efek ionosfer. Tabel 2.1 memberikan data jarak mendarat antara *base* dan *rover* dari setiap titik pengamatan.

Tabel 2.1 Panjang *Baseline* antara *Base* dan Titik Pengamatan

<i>Baseline</i>	± Jarak (m)
<i>Base-A</i>	142,725
<i>Base-B</i>	325,718
<i>Base-C</i>	185,150
<i>Base-D</i>	196,899
<i>Base-E</i>	187,925

Tahapan berikutnya yaitu akuisisi data pada setiap variasi *epoch rate*. Lama pengamatan pada setiap *rover* ditetapkan selama 35 menit dengan nilai *mask angle* atau nilai elevasi satelit maksimum yang dapat dijangkau oleh *receiver* GNSS sebesar 15°. Lama pengamatan mengacu kepada Ghilani & Wolf (2012), yang menyatakan bahwa lamanya pengamatan pada metode diferensial statik untuk mencapai tingkat akurasi sebesar ± 3 mm s.d 5 mm+1 ppm pada *receiver* GNSS tipe dual frekuensi adalah selama 20 menit + 2 menit/km. Oleh karena itu, untuk mengoptimalkan data pengukuran, lama pengamatan pada setiap *rover* ditetapkan selama 35 menit sebagai ukuran lebih. Terkait dengan penetapan nilai *mask angle* sebesar 15° didasarkan atas spesifikasi teknis berkaitan dengan pengamatan jaring titik kontrol orde-00 s.d orde-4 dalam Standar Nasional Indonesia 19-6724-2002 tentang Jaring Kontrol Horisontal. Hal tersebut juga diperkuat oleh Ghilani & Wolf (2012) yang merekomendasikan besaran *mask angle* diantara 10° s.d 20° dari horizon.

Data pengamatan GNSS dengan metode diferensial statik pada setiap variasi *epoch rate* kemudian diolah datanya. Pengolahan data dilakukan dengan perangkat lunak pengolahan data GNSS komersial TBC hingga tahapan pemrosesan *baseline*. Keluaran pada tahapan ini

yaitu koordinat tiga dimensi setiap titik pengamatan pada setiap variasi *epoch rate*.

Analisis data dilakukan dengan membandingkan data koordinat tiga dimensi pada setiap *epoch rate*. Secara lebih spesifik, analisis data dilakukan dengan membandingkan data pada sumbu *easting*, *northing*, tinggi dan beda jarak mendatar pada setiap variasi *epoch rate*. Untuk memudahkan analisis data, data koordinat tiga dimensi pada setiap titik pengamatan disajikan dalam sistem proyeksi *Universal Transverse Mercator (UTM)*, dengan data tinggi yang digunakan adalah tinggi ellipsoid dengan datum geodesi *World Geodetic Systems 1984*.

Analisis signifikansi perbedaan rata-rata pada setiap variasi *epoch rate* di sumbu *easting*, *northing*, dan tinggi dilakukan menggunakan uji-t. Sebelum dilakukan uji-t, terdapat dua syarat yang harus dipenuhi, yaitu data harus berdistribusi normal dan homogen.

Uji normalitas dilakukan melalui uji Shapiro Wilk dengan hasil yang diberikan pada tabel 2.2. Pada tabel tersebut, nilai signifikansi pada setiap sumbu *easting*, *northing*, dan tinggi pada setiap variasi *epoch rate* >0,05 sehingga data berdistribusi normal.

Tabel 2.2 Hasil Uji Normalitas Data pada Setiap Variasi *Epoch Rate*

	Statistik	df	Sig.
Easting 1"	0,960	5	0,805
Easting 5"	0,952	5	0,750
Easting 10"	0,951	5	0,747
Easting 15"	0,950	5	0,740
Northing 1"	0,847	5	0,185
Northing 5"	0,852	5	0,202
Northing 10"	0,857	5	0,218
Northing 15"	0,843	5	0,173
Tinggi 1"	0,900	5	0,408
Tinggi 5"	0,890	5	0,356
Tinggi 10"	0,893	5	0,374
Tinggi 15"	0,895	5	0,381

Uji homogenitas dilakukan melalui uji Levene dengan hasil yang diberikan pada tabel 2.3. Pada Tabel 2.3, signifikansi homogenitas sebesar 0,884 (>0,05) yang menunjukkan bahwa data adalah homogen. Berdasarkan hasil uji normalitas dan uji homogenitas maka data telah berdistribusi normal dan homogen, sehingga telah memenuhi persyaratan untuk dilakukan uji-t.

Tabel 2.3 Hasil Uji Homogenitas

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
0,514	11	48	0,884

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengolahan data setiap titik pengamatan pada setiap variasi *epoch rate* diberikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Posisi Tiga Dimensi Setiap Pengamatan pada Variasi *Epoch Rate*

Titik Pengamatan	Koordinat UTM Zone 49 S (m)			Epoch Rate
	Easting (m)	Northing (m)	Tinggi (m)	
A	566199,763	9210636,204	54,979	1"
B	566035,173	9210722,956	55,713	
C	566325,525	9210721,606	56,098	
D	566392,653	9210713,198	56,126	
E	566233,918	9210363,114	55,608	
A	566199,762	9210636,210	54,974	5"
B	566035,164	9210722,953	55,719	
C	566325,529	9210721,609	56,102	
D	566392,646	9210713,200	56,119	
E	566233,906	9210363,113	55,617	
A	566199,759	9210636,214	54,973	10"
B	566035,168	9210722,948	55,707	
C	566325,523	9210721,598	56,100	
D	566392,653	9210713,195	56,121	
E	566233,901	9210363,110	55,613	
A	566199,770	9210636,205	54,974	15"
B	566035,170	9210722,957	55,706	
C	566325,529	9210721,602	56,105	
D	566392,652	9210713,195	56,122	
E	566233,905	9210363,120	55,605	

Berdasarkan hasil pengolahan data pada setiap variasi *epoch* di sumbu *easting* (Tabel 3.2), rata-rata perbedaan pada setiap variasi *epoch* sebesar 0,005 m. Adapun perbedaan rata-rata untuk kenaikan *epoch rate* sebesar 5" sebesar 0,005 m. Pada kenaikan *epoch rate* sebesar 10", terdapat perbedaan rata-rata sebesar 0,005m. Sedangkan pada kenaikan *epoch rate* sebesar 15", terdapat perbedaan rata-rata sebesar 0,006 m.

Tabel 3.2 Selisih Perbedaan Variasi *Epoch Rate* di Sumbu *Easting*

Epoch rate/Titik	Selisih di Sumbu <i>Easting</i> (m)					Rata-Rata
	A	B	C	D	E	
1" vs 5"	0,001	0,009	0,004	0,007	0,012	0,007
5" vs 10"	0,003	0,004	0,006	0,007	0,005	0,005
10" vs 15"	0,011	0,002	0,006	0,001	0,004	0,005
1" vs 10"	0,004	0,005	0,004	0,000	0,017	0,006
5" vs 15"	0,008	0,006	0,000	0,006	0,001	0,004
1" vs 15"	0,007	0,003	0,004	0,001	0,013	0,006

Berdasarkan dari hasil uji-t di sumbu *easting* pada berbagai variasi *epoch rate* (Tabel 3.3) didapat nilai signifikansi >0,05. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada setiap variasi *epoch rate* di sumbu *easting*.

Tabel 3.3 Hasil Uji-t Berbagai Variasi *Epoch Rate* di Sumbu *Easting*

<i>Epoch Rate</i>	<i>Paired Differences</i>		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>Sig. (2-tailed)</i>
	<i>Mean</i>	<i>Std. Deviation</i>			
1" vs 5"	0,0050	0,0064	1,736	4	0,158
5" vs 10"	0,0006	0,0058	0,232	4	0,828
10" vs 15"	-0,0044	0,0045	-2,184	4	0,094
1" vs 10"	0,0056	0,0067	1,881	4	0,133
5" vs 15"	-0,0038	0,0040	-2,111	4	0,102
1" vs 15"	0,0012	0,0077	0,349	4	0,745

Berdasarkan hasil pengolahan data pada setiap variasi epoch di sumbu *northing* (Tabel 3.4), rata-rata perbedaan pada setiap variasi epoch sebesar 0,005 m. Adapun perbedaan rata-rata untuk kenaikan *epoch rate* sebesar 5", sebesar 0,005 m. Pada kenaikan *epoch rate* sebesar 10", terdapat perbedaan rata-rata sebesar 0,005 m. Sedangkan pada kenaikan *epoch rate* sebesar 15", terdapat perbedaan rata-rata sebesar 0,005 m.

Tabel 3.4 Selisih Perbedaan Variasi *Epoch Rate* di Sumbu *Northing*

<i>Epoch rate/Titik</i>	<i>Selisih di Sumbu Northing (m)</i>					<i>Rata-Rata</i>
	A	B	C	D	E	
1" vs 5"	0,006	0,003	0,003	0,002	0,001	0,003
5" vs 10"	0,004	0,008	0,008	0,003	0,004	0,005
10" vs 15"	0,009	0,009	0,004	0,000	0,010	0,006
1" vs 10"	0,010	0,008	0,008	0,003	0,004	0,007
5" vs 15"	0,005	0,004	0,007	0,005	0,007	0,006
1" vs 15"	0,001	0,001	0,004	0,003	0,006	0,003

Tabel 3.5 Hasil Uji-t Berbagai Variasi *Epoch Rate* di Sumbu *Northing*

<i>Epoch Rate</i>	<i>Paired Differences</i>		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>Sig. (2-tailed)</i>
	<i>Mean</i>	<i>Std. Deviation</i>			
1" vs 5"	-0,0014	0,0035	-0,893	4	0,423
5" vs 10"	0,0040	0,0054	1,661	4	0,172
10" vs 15"	-0,0028	0,0077	-0,810	4	0,463
1" vs 10"	0,0026	0,0074	0,785	4	0,476
5" vs 15"	0,0012	0,0063	0,429	4	0,690
1" vs 15"	-0,0002	0,0040	-0,113	4	0,916

Berdasarkan dari hasil uji-t di sumbu *northing* pada berbagai variasi *epoch rate* (Tabel 3.5) didapat nilai signifikansi >0,05. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada setiap variasi *epoch rate* di sumbu *northing*.

Berdasarkan hasil pengolahan data pada setiap variasi *epoch rate* pada data tinggi (Tabel 3.6), rata-rata perbedaan pada setiap variasi epoch adalah 0,005 m. Adapun perbedaan rata-rata untuk kenaikan *epoch rate* sebesar 5", sebesar 0,005 m. Pada kenaikan *epoch rate* sebesar 10", terdapat perbedaan rata-rata sebesar 0,006m. Sedangkan pada kenaikan *epoch rate* sebesar 15" terdapat perbedaan rata-rata sebesar 0,003 m.

Tabel 3.6 Selisih Perbedaan Variasi *Epoch Rate* pada Data Tinggi

<i>Epoch rate/Titik</i>	<i>Selisih Data Tinggi (m)</i>					<i>Rata-Rata</i>
	A	B	C	D	E	
1" vs 5"	0,005	0,006	0,004	0,007	0,009	0,006
5" vs 10"	0,001	0,012	0,002	0,002	0,004	0,004
10" vs 15"	0,001	0,001	0,005	0,001	0,008	0,003
1" vs 10"	0,006	0,006	0,002	0,005	0,005	0,005
5" vs 15"	0,002	0,013	0,003	0,003	0,001	0,004
1" vs 15"	0,005	0,007	0,007	0,004	0,003	0,005

Berdasarkan dari hasil uji-t pada berbagai variasi *epoch rate* untuk data tinggi (Tabel 3.7) didapat nilai signifikansi >0,05. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada setiap variasi *epoch rate* di data tinggi.

Tabel 3.7 Hasil Uji-t Berbagai Variasi *Epoch Rate* di pada Data Tinggi

<i>Epoch Rate</i>	<i>Paired Differences</i>		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>Sig. (2-tailed)</i>
	<i>Mean</i>	<i>Std. Deviation</i>			
1" vs 5"	-0,0014	0,0070	-0,446	4	0,679
5" vs 10"	0,0034	0,0053	1,442	4	0,223
10" vs 15"	0,0004	0,0048	0,187	4	0,861
1" vs 10"	0,0020	0,0051	0,869	4	0,434
5" vs 15"	0,0038	0,0080	1,056	4	0,350
1" vs 15"	0,0024	0,0055	0,983	4	0,381

Terkait perbedaan jarak datar, rata-rata perbedaan pada setiap variasi epoch adalah 0,008 m (Tabel 3.8). Adapun perbedaan rata-rata untuk kenaikan *epoch rate* sebesar 5" sebesar 0,008 m. Pada kenaikan *epoch rate* sebesar 10", terdapat perbedaan rata-rata sebesar 0,009m. Sedangkan pada kenaikan *epoch rate* sebesar 15", terdapat perbedaan rata-rata sebesar 0,007 m.

Tabel 3.8 Selisih Perbedaan Variasi *Epoch Rate* pada Data Jarak Datar

Epoch rate/Titik	Beda Jarak Datar(m)					Rata-Rata
	A	B	C	D	E	
1" vs 5"	0,006	0,009	0,005	0,007	0,012	0,008
5" vs 10"	0,005	0,006	0,013	0,009	0,006	0,008
10" vs 15"	0,014	0,009	0,007	0,001	0,011	0,008
1" vs 10"	0,011	0,009	0,008	0,003	0,017	0,010
5" vs 15"	0,009	0,007	0,007	0,008	0,007	0,008
1" vs 15"	0,007	0,003	0,006	0,003	0,014	0,007

Berdasarkan hasil pengolahan data, baik di sumbu *easting*, *northing*, maupun, data tinggi terdapat perbedaan rata-rata yang sama sebesar 0,005 m dan perbedaan rata-rata jarak datar sebesar 0,008 m pada setiap variasi *epoch rate*. Pada setiap kenaikan *epoch rate* sebesar 5", terdapat perbedaan rata-rata baik di sumbu *easting*, *northing*, dan data tinggi sebesar 0,005 m, sedangkan untuk jarak datar terdapat perbedaan rata-rata sebesar 0,008 m. Untuk kenaikan *epoch rate* sebesar 10", terdapat perbedaan rata-rata sebesar 0,005 m di sumbu *easting* dan data tinggi, serta sebesar 0,006 m di sumbu *northing*, sedangkan untuk jarak datar terdapat perbedaan rata-rata sebesar 0,009 m. Adapun untuk kenaikan *epoch rate* sebesar 15", terdapat perbedaan rata-rata sebesar 0,006 m di sumbu *easting*, 0,003 m di sumbu *northing*, dan 0,005 pada data tinggi, sedangkan untuk jarak datar terdapat perbedaan rata-rata sebesar 0,007 m. Berdasarkan hasil analisis signifikansi, didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan pada variasi *epoch rate* di sumbu *easting*, *northing*, dan data tinggi.

Hasil penelitian yang dilakukan selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Erol, Alkan, Ozulu, & Ilci (2020), meskipun metode pengukuran GNSS yang dilakukan dengan metode PPP dan dengan lama pengamatan selama empat jam. Hasil terbaik pada *epoch rate* 0,1 detik dengan ketelitian horizontal sebesar 2,1 cm dan 1,6 cm untuk ketelitian tinggi. Adapun pada *epoch rate* < 30 detik, tidak terdapat perbedaan yang besar apabila dibandingkan dengan *epoch rate* 0,1 detik, sedangkan untuk *epoch rate* dengan interval 30", 60" dan 120" terdapat perbedaan yang lebih besar apabila dibandingkan dengan *epoch rate* dengan interval yang lebih kecil. Akan tetapi, berdasarkan hasil penelitian Bahadur & Nohutcu (2020) yang melakukan pengukuran GNSS dengan metode PPP dengan variasi *epoch rate* sebesar 1", 5", 15" dan 30" menyatakan bahwa dengan semakin kecilnya *epoch rate* pada pengukuran GNSS dengan metode PPP, maka tingkat kesalahan pada koordinat tiga dimensi semakin kecil. Begitu juga halnya dengan penelitian Yuwono & Apsandi (2018) yang melakukan pengukuran GNSS dengan metode NTRIP dengan variasi *epoch rate* 1", 5", 15" dan 30" menyatakan bahwa nilai simpangan baku terkecil didapatkan pada *epoch rate* 1" sedangkan simpangan baku terbesar didapatkan pada *epoch rate* 30".

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan hasil koordinat tiga dimensi untuk setiap variasi *epoch rate* pada setiap titik pengamatan. Secara umum, terdapat perbedaan rata-rata sebesar 0,005 m pada sumbu *easting*, *northing* dan data tinggi pada setiap variasi *epoch rate*. Adapun pada perbedaan jarak datar, terdapat perbedaan rata-rata sebesar 0,008 m pada setiap variasi *epoch rate*. Hasil uji signifikansi juga menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan pada variasi *epoch rate* di sumbu *easting*, *northing*, dan data tinggi.

Untuk melengkapi dan bahkan menguatkan hasil penelitian, penelitian diharapkan ada lanjutannya terkait dengan pengaruh variasi *epoch rate*. Penelitian lanjutan tersebut dapat dilakukan dengan memperpanjang *baseline* pengukuran atau pengukuran GNSS menggunakan metode diferensial statik dalam moda jaring.

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>
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). SNI-19-6724-2002. Jaring Kontrol Horizontal. Jakarta: Dewan Standarisasi Indonesia
- Bahadur, B., & Nohutcu, M. (2020). Impact of Observation Sampling Rate on Multi-GNSS Statik PPP Performance. *Survey Review*, 0(0), 1–10, <https://doi.org/10.1080/00396265.2019.1711346>
- 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 Statik 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>
- Erol, S., Alkan, A. M., Ozulu, M., & Ilci, V. (2020). Impact of Different Sampling Rates on Precise Point Positioning Performance Using Online Processing Service. *Geo-Spatial Information Science*, 1–11.

- <https://doi.org/10.1080/10095020,2020,1842811>
- 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*, November. <https://doi.org/10.1080/10095020,2020,1842811>
- Ghilani, C. D., & Wolf, P. R. (2012). *Elementary Surveying: an Introduction to Geomatics* (13th Edition). Prentice Hall.
- Hafiz, E., Awaluddin, M., & Yuwono, B. (2014). Analisis Pengaruh Panjang *Baseline* terhadap Ketelitian Pengukuran Situasi dengan Menggunakan GNSS Metode RTK-NTRIP (Studi Kasus: Semarang, Kab. Kendal dan Boyolali). *Jurnal Geodesi Undip*, 3, 315–331.
- 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>
- Khomsin, Anjasmara, I., Pratomo, D., & Ristanto, W. (2019). Accuracy Analysis of GNSS (GPS, GLONASS and BEIDOU) Observation for Positioning. *International Symposium on Global Navigation Satellite System 2018*, 94, 1–7. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199401019>
- 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>
- Ramadhon, S. (2015). Analisis Ketelitian Data Pengukuran Menggunakan GPS dengan Metode Diferensial Statik dalam Moda Jaring dan Radial. *Swara Patra*, 05(2), 31–43. <http://ejournal.ppsdmmigas.esdm.go.id/sp/index.php/swarapatra/article/view/142>
- Ramadhon, S. (2020). Pengaruh Lingkungan Pengamatan pada Ketelitian Horizontal 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. M., & Nugraha, G. (2020). Perbandingan Ketelitian Posisi Tiga Dimensi dari Perangkat Lunak Pengolahan Data GNSS Komersial. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 3(2), 106–112. <https://doi.org/https://doi.org/10.22146/jgise.58768>
- Weaver, S. A., Ucar, Z., Bettinger, P., & Merry, K. (2015). How a GNSS Receiver is Held May Affect Statik Horizontal Position Accuracy. *PLoS ONE*, 10(4), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124696>
- Yuwono, B. D., & Apsandi, O. A. (2018). Analisis Pengukuran GNSS Metode Statik dengan Variasi Sampling Rate. *Jurnal Elipsoida*, 01(02), 7–13.