

# KAJIAN TINGGI ORTHOMETRIK PENGUKURAN RTK NTRIP- LEVELLING HASIL REDUKSI GEOID GLOBAL DAN SRGI

Giovani Findal Phalosa<sup>1</sup>, Romi Fadly<sup>2</sup> Fajriyanto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Lampung; Jl. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia,  
Telp(0724) 7094/Fax. (0721) 701609

Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika FT – UNILA

[\\*email korespondensi: findalgiovani@gmail.com](mailto:findalgiovani@gmail.com)

(Diterima 20 Maret 2022 , Disetujui 29 Juni 2023)

## Abstrak

Dewasa ini metode pengukuran RTK-NTRIP semakin sering digunakan dalam berbagai pengukuran, seperti pengukuran topografi, pengukuran situasi atau detail serta lain sebagainya. Metode RTK-NTRIP tersebut memberikan kemudahan dalam mendapatkan nilai koordinat secara langsung. Namun tinggi yang dihasilkan pengukuran RTK-NTRIP ini masih merujuk ke tinggi *ellipsoid* belum merujuk ke tinggi *orthometrik*. Oleh karena itu diperlukan proses reduksi dari tinggi *ellipsoid* ke tinggi *orthometrik*. Untuk dapat mereduksi tinggi *elipsoid* ke tinggi *orthometrik* dapat menggunakan nilai *undulasi* yang disediakan secara nasional maupun global. Metode yang digunakan adalah metode RTK NTRIP-*Levelling*. Dengan menggunakan data lintang bujur hasil pengukuran RTK-NTRIP maka dapat dihasilkan nilai *undulasi* dan tinggi *orthometrik* SRGI dan EGM 2008 Perhitungan sipat datar berupa nilai beda tinggi sebagai data pembandingan yang dianggap benar untuk mendapat nilai ketelitian atau RMSE. Berdasarkan analisis akurasi data pengukuran didapat bahwa masing-masing selisih beda tinggi *orthometrik* SRGI dan EGM dikurang dengan beda tinggi *levelling* yang dianggap benar menghasilkan nilai ketelitian atau RMSE sebesar 0,085234883 pada  $\Delta H$  SRGI-WP dan 0,079914692 pada  $\Delta H$  EGM-WP. Sehingga untuk mendapat ketelitian *vertikal* dikalikan  $LE90 = 1,6499$ , maka didapatkan hasil 0,140629033 pada  $\Delta H$  SRGI dan 0,13185125 pada  $\Delta H$  EGM-WP yang mana keduanya masuk kedalam ketelitian geometri peta RBI pada kelas 1 dengan skala 1:1000, sehingga baik digunakan untuk pengukuran tinggi *orthometrik*

**Kata kunci:** EGM2008, *Elipsoid*, *Orthometrik*, RTK-NTRIP, SRGI

## 1. Pendahuluan

Sistem RTK (*Real-Time Kinematic*) adalah suatu akronim yang sudah umum digunakan untuk sistem penentuan posisi *real-time* secara diferensial menggunakan data fase, sistem ini bertumpu pada algoritma penentuan ambiguitas awal fase secara *real-time* [1]. Saat ini metode pengukuran RTK-NTRIP semakin sering digunakan dalam berbagai pengukuran, seperti pengukuran topografi, pengukuran situasi atau detail serta lain sebagainya. Metode RTK-NTRIP tersebut memberikan kemudahan dalam mendapatkan nilai koordinat secara langsung tanpa melalui pengolahan data. Metode pengukuran ini juga dapat dilakukan dimanapun dan dalam situasi apapun. Kemudahan lainnya yaitu stasiun CORS yang

semakin bertambah jumlahnya di Indonesia, sehingga semakin memudahkan pengguna layanan untuk melakukan pengukuran menggunakan RTK-NTRIP dengan CORS sebagai *base* nya. Namun tinggi yang dihasilkan pengukuran RTK-NTRIP ini masih merujuk ke tinggi *ellipsoid* belum merujuk ke tinggi *orthometrik*, oleh karena itu diperlukan proses reduksi dari tinggi *ellipsoid* ke tinggi *orthometrik*. Untuk dapat mereduksi tinggi *elipsoid* ke tinggi *orthometrik* dapat menggunakan nilai *undulasi* yang disediakan secara nasional maupun global sehingga memungkinkan bahwa pengukuran RTK-NTRIP dapat digunakan untuk pengukuran tinggi *geoid* pada keperluan survey dan pemetaan.

Untuk nilai horizontal pada pengukuran RTK-NTRIP sudah tervalidasi tingkat ketelitian petanya atau tingkat kesesuaian antara posisi sebuah objek di peta dengan yang sebenarnya [2]. sehingga tidak perlu diragukan lagi tingkat akurasi yang dihasilkan [3]. Namun bagaimana dengan nilai ketelitian *vertikalnya*, apakah sudah dipastikan tingkat ketelitiannya untuk pengukuran topografi. Hal inilah yang harus dikaji untuk saat ini sehingga apakah pengukuran RTK-NTRIP ini baik untuk dijadikan sebagai pengukuran tinggi *orthometrik*.

Survei pemetaan dan rekayasa dapat menggunakan tinggi geometrik dan tinggi *orthometrik* yang masing-masing menggunakan bidang referensi berupa *ellipsoid* dan *geoid*. *Geoid* disebut sebagai model bumi yang mendekati sesungguhnya, *geoid* didefinisikan sebagai bidang *equipotensial* gayaberat atau bidang nivo yang berimpit dengan permukaan laut rata-rata [4]. *Geoid* merupakan referensi tinggi yang dipakai untuk penentuan tinggi *orthometrik*.

Jarak antara permukaan *ellipsoid* dengan *geoid* dinamakan tinggi *undulasi*. Untuk mendapatkan referensi tinggi *orthometrik* haruslah didapatkan tinggi *geoid* atau nilai *undulasi* terlebih dahulu. Data *undulasi* dari *geoid* dapat dimanfaatkan untuk proses transformasi tinggi geometrik yang dihasilkan dari penggunaan teknologi GNSS ke tinggi *orthometrik*.

Nilai *undulasi* bisa diperoleh dengan beberapa metode, diantaranya adalah metode geometrik yaitu pengukuran lapangan menggunakan GNSS dan *Waterpass*, serta menggunakan aplikasi EGM2008 untuk nilai *undulasi geoid* global dan nilai *undulasi* yang dikeluarkan langsung oleh SRGI atau BIG. Dalam penelitian ini pengukuran praktis di Universitas Lampung sangat diperlukan, untuk pengadaan referensi tinggi *orthometrik*. Referensi *orthometrik* diperuntukan pengukuran gedung, waduk, drainase, jalan serta referensi tinggi dan pemodelan *geoid* di daerah Universitas Lampung.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Lampung dengan melakukan pengukuran sipat datar atau *Levelling* dan pengukuran RTK-NTRIP dengan menggunakan layanan stasiun CORS ULPC yang terletak di gedung Teknik Geodesi Universitas Lampung dengan letak geografis 5°21'41.80" Lintang Selatan, dan 105°14'30.24" Bujur Timur. Lokasi pengamatan RTK NTRIP-*Levelling* dilakukan di lingkungan kampus Universitas Lampung dengan titik pengukuran tersebar di sepanjang jalan utama maupun jalan fakultas kampus Universitas Lampung.

### Alat penelitian.

Untuk menunjang kegiatan penelitian dari awal sampai dengan tahap akhir, maka diperlukan peralatan yang digunakan, antara lain:

1. Perangkat keras
  - 1) 1 (satu) unit GNSS *Geodetic* Hi Target V60
  - 2) 1 (satu) unit *controller* Hi-Target *ihand* 20
  - 3) 1 unit Stik GNSS
  - 4) 1 unit *Waterpass* Topcon AT-B4
  - 5) 1 unit Statif
  - 6) 1 unit Rambu Ukur
  - 7) 1 unit Meteran 50 meter
  - 8) 1 unit Laptop
  - 9) Alat tulis
2. Perangkat lunak terdiri:
  - 1) *Microsoft Word* 2016 digunakan untuk penulisan laporan.
  - 2) *Microsoft Excel* 2016 digunakan untuk pengolahan data.
  - 3) *AllTrans EGM 2008 Calculator* digunakan untuk mendapatkan nilai *undulasi geoid* global dengan data koordinat dari GNSS

**Data penelitian.**

Data merupakan bagian penting dalam suatu penelitian. Pada penelitian ini data yang digunakan dibagi menjadi data elevasi dan data koordinat UTM.

1. Data beda tinggi hasil pengamatan sipat datar atau *levelling* pada titik-titik yang telah di buat di sepanjang jalan utama maupun jalan fakultas lingkungan kampus Universitas Lampung.
2. Data koordinat UTM dan tinggi *elipsoid* dari pengamatan GNSS metode RTK-NTRIP di titik-titik yang sama pada pengukuran *levelling* di lingkungan Universitas Lampung.

**Penentuan Titik Lokasi**

Tahap ini penulis melakukan persiapan dari mulai peminjaman instrumen alat-alat penelitian dari jurusan, melakukan kalibrasi alat *waterpass* sampai penentuan titik lokasi, kegiatan akuisisi data dan membuat desain rencana pengukuran. Penentuan titik-titik ini dilakukan dengan membuat garis imajiner diatas citra *google earth* dengan jarak antar titik kurang lebih 50m.

**Pengukuran Beda Tinggi Menggunakan Waterpass**

Tahap pengumpulan data pertama melakukan pengukuran beda tinggi menggunakan alat *waterpass* topcon AT-B4. Namun sebelum melakukan pengukuran peneliti melakukan tahap kalibrasi alat *waterpass*, sehingga dapat diketahui ketelitian alat yang akan digunakan, sehingga pengukuran beda tinggi dilapangan sudah mengikuti kaidah yang yang ditentukan.

**Tahap Kalibrasi Alat Waterpass**

Sebelum alat *waterpass* digunakan, perlu dilakukan tahap kalibrasi. Tahap ini alat *waterpass* dicek selisih bacaan benang, dengan menembak benang tengah belakang dan benang tengah muka pada permukaan yang benar-benar datar, sehingga dapat

diketahui ketelitian alat dengan melihat hasil nilai beda tinggi yang didapat.

**Pengukuran Koordinat dan Tinggi Menggunakan GNSS**

Tahap pengumpulan data kedua yaitu pengukuran koordinat dan tinggi dengan GPS geodetik menggunakan metode RTK-NTRIP dimana metode ini memanfaatkan CORS ULPC sebagai *basenya* dan alat GNSS sebagai *rover*. Pada tahap ini alat GNSS *Hi-target* diletakkan pada titik pengamatan dengan menggunakan stik GPS.

**Ekstraksi Data Undulasi SRGI dan EGM2008**

Tahap ini memanfaatkan nilai undulasi dengan menggunakan data lintang bujur hasil pengamatan RTK-NTRIP pada situs SRGI sebagai penyedia layanan *undulasi geoid* nasional dan aplikasi EGM 2008 sebagai penyedia nilai *undulasi geoid* global. Untuk memperoleh nilai *undulasi* secara nasional dapat dilakukan pada layanan model *geoid* di situs SRGI.

Untuk memperoleh nilai *undulasi global* dapat menggunakan aplikasi EGM 2008, dengan memasukkan data lintang dan bujur pada *file* dengan format *textfile* atau txt untuk file *input*, begitupun dengan hasil akan berupa file dengan format txt.

**Menghitung Jarak dan Beda Tinggi**

Tahap ini dilakukan perhitungan jarak dan beda tinggi antar titik pengamatan, dengan menghitung hasil bacaan benang atas dan benang bawah belakang dan muka dikali 100 untuk menghitung jarak, serta menghitung selisih antara benang tengah belakang dan benang tengah muka untuk menghitung beda tinggi antar titik dan menjumlahkan seluruh beda tinggi titik pengamatan.

**Menghitung Kesalahan Penutup**

Tahap ini dilakukan perhitungan kesalahan penutup hasil pengukuran beda tinggi atau *levelling*, untuk mengetahui kualitas data pengukuran atau seberapa besar kesalahan penutup dan toleransinya. Dengan

rumus toleransi 10mm akar d ( $d$ =jumlah jarak dalam satuan kilometer) dan jumlah beda tinggi sebagai kesalahan penutupnya.

### Menghitung Tinggi Orthometrik (H)

Tahap ini menghitung tinggi *orthometrik* SRGI dan EGM 2008 dengan menggunakan nilai tinggi *elipsoid* dikurang dengan masing-masing tinggi *undulasi* SRGI dan EGM 2008, sehingga didapat nilai tinggi *orthometrik*, seperti rumus dibawah ini :

$$H = h - \square \quad (1)$$

Dimana: H = Tinggi *orthometrik*, h = tinggi *elipsoid*, N = *undulasi geoid*.

### Menghitung Beda Tinggi Orthometrik

Menghitung selisih nilai beda tinggi *orthometrik* SRGI maupun EGM 2008 dengan. Hasil nilai selisih beda tinggi ini selanjutnya akan digunakan untuk menghitung nilai RMSE dengan nilai beda tinggi *waterpass* sebagai data pembandingan guna mengetahui nilai akurasi *vertikal* yang dihasilkan.

### Analisa Uji Akurasi

Akurasi digunakan untuk mengetahui seberapa tepat nilai beda tinggi yang dihasilkan dari selisih tinggi *orthometrik* hasil pengamatan RTK NTRIP terhadap beda tinggi hasil pengamatan sipat datar atau *levelling*. Akurasi dapat dilihat dari nilai RMSEz pengamatan dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSEz maka hasil prediksi akan semakin akurat.

Dari nilai RMSEz diterapkan dalam ketelitian dalam peta RBI, dengan cara mengalikan nilai standar akurasi dengan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi (RMSEz) nilai beda tinggi *orthometrik* hasil pengamatan RTK NTRIP terhadap beda tinggi hasil pengukuran *levelling*, Nilai akurasi *vertikal* digunakan untuk mengetahui kelas ketelitian peta dan kelompok skala peta RBI berdasarkan Perka BIG [2].

## 3. Hasil dan Pembahasan

### Kalibrasi Alat Waterpass

Hasil kalibrasi alat *waterpass* dengan membaca benang tengah pada rambu A dan rambu B sebanyak dua kali pada bidang datar

menghasilkan dua nilai beda tinggi dengan selisih nilai beda tinggi merupakan ketelitian bacaan alat *waterpass*, hasil bacaan rambu pada saat kalibrasi dilakukan dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 1** Hasil Kalibrasi *waterpass*

Nama Titik	Bacaan Rambu A	Bacaan Rambu B	Beda Tinggi	Selisih
	bt	bt		Beda Tinggi / Ketelitian Bacaan
1	1443	1438	0,005	0,001
2	1444	1440	0,004	

Didapat bahwa selisih kedua beda tinggi adalah sebesar 0,001 mm. Yang mana dapat diketahui ketelitian bacaan alat *waterpass* yang digunakan adalah sebesar 0,001 mm.

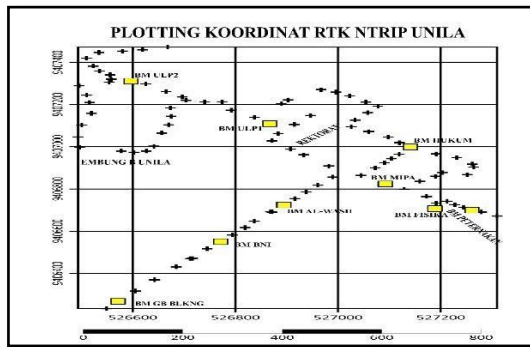
### Perhitungan Beda Tinggi

**Tabel 2** Perhitungan beda tinggi *waterpass*

Titik	Jmlh titik	Jmlh beda tinggi/kesalahan penutup	Jmlh jarak (km)	Toleransi
Ulp2-bypass	17	-0,001	0,66	8,168
Ulp2-bm tugu unila	47	0,005	2,11	14,54
Ulp1-bm hukum	15	0,002	0,66	8,13
Bm hukum-embung fk	35	-0,007	1,20	10,97

### Koordinat dan Tinggi Pengamatan RTK-NTRIP

Hasil pengamatan RTK NTRIP berupa koordinat dengan sistem proyeksi UTM zona 48S dan bidang *elipsoid* yang digunakan adalah WGS1984. Persebaran koordinat hasil pengamatan RTK NTRIP tersebut diplot menggunakan aplikasi surfer dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Plotting Koordinat RTK-NTRIP

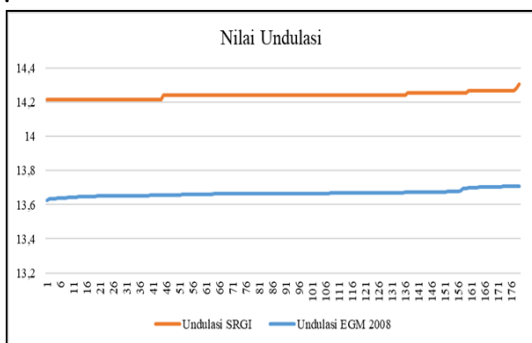
**Ekstraksi nilai undulasi SRGI dan EGM2008**

Hasil nilai undulasi pengukuran RTK-NTRIP situs SRGI dan EGM 2008 dapat dilihat pada tabel 3, tabel ini merupakan sampel data dari keseluruhan nilai undulasi yang didapat.

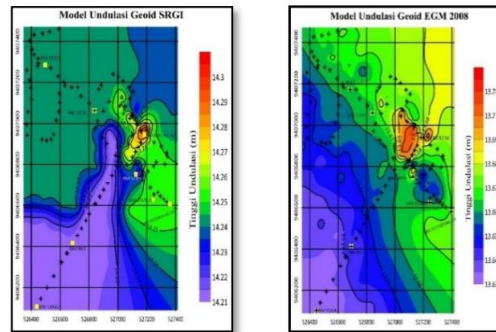
**Tabel 3** Nilai undulasi SRGI dan EGM2008

Titik	X (m)	Y (m)	h Elipsoid (m)	Undulasi (m)
1	526.596,129	9.407.311,033	130,746	14,241
2	526.625,614	9.407.298,214	130,580	14,241
3	526.665,257	9.407.261,118	131,195	14,241
4	526.696,391	9.407.235,637	131,266	14,241
5	526.740,219	9.407.211,821	130,841	14,241

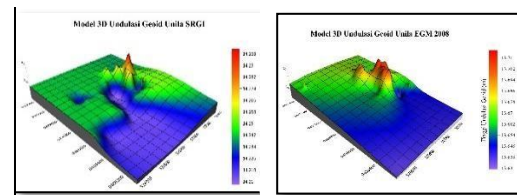
Nilai rata-rata dan varian nilai undulasi dapat dilihat pada gambar 2. Perbedaan nilai undulasi SRGI dan EGM 2008 dapat dilihat pada gambar 3 dan model 3 dimensinya pada gambar 4.



Gambar 2 Grafik nilai undulasi



Gambar 3 model undulasi unila



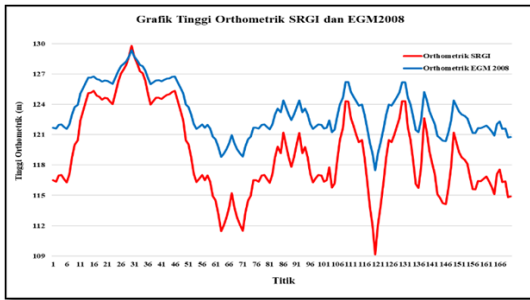
Gambar 4 model 3 dimensi undulasi unila

**Tinggi Orthometrik Hasil Reduksi Undulasi SRGI dan EGM2008**

Hasil nilai tinggi orthometrik pengukuran RTK-NTRIP situs SRGI dapat dilihat pada tabel 4 dan hasil tinggi orthometrik pengukuran RTK-NTRIP aplikasi EGM 2008 dapat dilihat pada tabel 5, tabel ini merupakan sampel data dari keseluruhan nilai tinggi orthometrik SRGI.

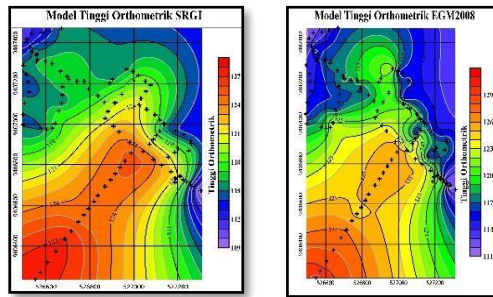
**Tabel 4** Tinggi orthometrik SRGI dan EGM2008

Titik	Orthometrik SRGI (m)	Orthometrik EGM 2008 (m)
1	116,504	117,081
2	116,338	116,915
3	116,953	117,530
4	117,024	117,600
5	116,599	117,175

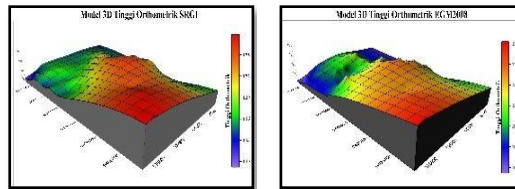


**Gambar 5** Grafik nilai tinggi *orthometrik*

Nilai tinggi *orthometrik* dapat dilihat secara lebih sederhana pada gambar 5. Perbedaan nilai tinggi *orthometrik* SRGI dan EGM 2008 dapat dilihat pada gambar 6.



**Gambar 6** Tinggi *orthometrik* unila



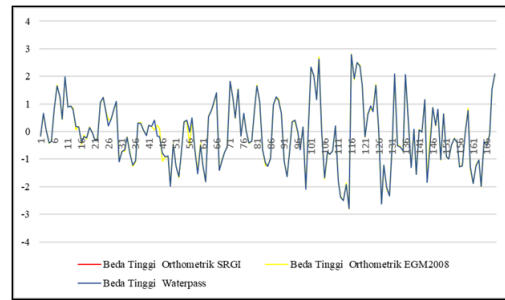
**Gambar 7** model 3 dimensi tinggi *orthometrik* unila

**Beda Tinggi Tinggi Orthometrik**

Hasil nilai beda tinggi *orthometrik* pengukuran RTK-NTRIP situs SRGI dan EGM 2008 serta beda tinggi *waterpass* dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 5** hasil selisih beda tinggi *orthometrik*

Beda tinggi <i>orthometrik</i> SRGI	Beda tinggi <i>orthometrik</i> EGM 2008	Beda tinggi <i>orthometrik</i> <i>Waterpass</i>
-0,166	-0,166	-0,169
0,615	0,615	0,66
0,071	0,07	0,032
-0,425	-0,425	-0,405
-0,327	-0,328	-0,347



**Gambar 8** Grafik beda tinggi *orthometrik* dan *waterpass*.

Pada gambar 8 menunjukkan secara keseluruhan nilai beda tinggi *orthometrik* SRGI dan EGM 2008 yang mempunyai selisih yang seragam atau saling mendekati kesamaan.

**Analisa Perhitungan Uji Akurasi**

Perhitungan uji akurasi pada tabel 7 dibawah merupakan sampel dari nilai beda tinggi pada 169 (seratus enam belas) titik yang akan ditampilkan pada tabel 7.

**Tabel 6** Hasil perhitungan uji akurasi vertikal

RMSE $\Delta H$ SRGI	0,085234883	RMSE $\Delta H$ EGM2008	0,079914692
LE90	1,6499	LE90	1,6499
Ketelitian RBI	0,140629033	Ketelitian RBI	0,13185125
Skala kelas	1:1000 kelas 1	Skala kelas	1:1000 kelas 1

**4. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian penentuan tinggi *orthometrik* menggunakan metode RTK NTRIP-*Levelling*, dapat peneliti simpulkan sebagai berikut

1. Dari 169 titik pengukuran RTK-NTRIP di lingkungan universitas lampung didapat nilai undulasi SRGI sebesar 14,214 m sampai dengan 14,306 m, dan nilai undulasi EGM 2008 sebesar 13,624 m sampai dengan 13,709 m.
2. Selisih nilai tinggi *orthometrik* SRGI dan EGM 2008 masing-masing berada pada fraksi desimeter.
3. Dari 169 titik penelitian didapat nilai RMSE beda tinggi *orthometrik* SRGI sebesar 0,085234883 m dan nilai RMSE beda tinggi *orthometrik* SRGI EGM 2008 sebesar 0,079914692 m.
4. Dari hasil kedua nilai RMSE didapatkan nilai ketelitian vertikal peta

RBI sebesar 0,140629033 m pada SRGI dan 0,13185125 m pada EGM 2008. Berdasarkan perka BIG nomor 15 tahun 2014, maka berdasarkan perka BIG hasil kedua ketelitian masuk pada kelas 1 dan skala 1:1000 untuk ketelitian geometri peta RBI, sehingga dapat diyakini bahwa tinggi dari pengukuran menggunakan metode RTK-NTRIP direduksi dengan geoid SRGI dapat digunakan untuk pengukuran topografi.

#### **Daftar Pustaka**

1. Abidin HZ, Andreas H, Dina M, M G, M H. Penentuan Tinggi Orthometrik Gunung Semeru Berdasarkan Data Survei GPS dan Model Geoid EGM 1996 Penentuan Tinggi Orthometrik Gunung Semeru Berdasarkan Data Survei GPS dan Model Geoid EGM 1996. 2004;(May 2014).
2. Badan Informasi Geospasial. Peraturan Kepala BIG Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Badan Inf Geospasial Bogor. 2014;
3. Khomsin, Anjasmara IM, Ristanto W. Analisis Perbandingan Ketelitian Posisi Hasil Pengukuran Gns dari Kombinasi Satelit Gps, Glonass, Dan Beidou. Geoid. 2020;15(1):97.
4. Rizky R, Yuwono B, Awaluddin M. Pemodelan Geoid Lokal Kota Semarang Berdasarkan Model Geopotensial Globalgrace. J Geod Undip. 2015;4(2):9–18.