



EVALUASI HASIL PENENTUAN TINGGI TITIK DASAR TEKNIK MENGUNAKAN MODEL GEOID SRGI 2013 STUDI KASUS: DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Dedi Atunggal, Bilal Ma'ruf, Nurrohmat Widjajanti

Departemen Teknik Geodesi-Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No.2, Sleman, Yogyakarta-55281 Telp./Faks: (024) 74520226,
e-mail: dediatunggal@ugm.ac.id

ABSTRAK

Koordinat Titik Dasar Teknik (TDT) yang dikelola Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional (ATR/BPN) hingga saat ini masih mengacu pada elipsoid *World Geodetic System 1984 (WGS84)* atau terferensi ke Datum Geodetik Nasional 1995 (DGN95) yang direalisasikan menggunakan *International Terrestrial Reference Frame 1991 (ITRF91)* epok 1992.0. Penelitian tentang evaluasi pembaharuan koordinat TDT hingga saat ini masih sangat jarang dilakukan, terutamanya terkait pengikatan ke Sistem Referensi Geospasial Indonesia 2013 (SRGI 2013). Analisis tentang penentuan tinggi TDT mengacu SRGI 2013 bahkan belum pernah dilakukan sebelumnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi dan mengidentifikasi permasalahan terkait pemanfaatan model geoid SRGI 2013 (InaGeoid) untuk pendefinisian tinggi TDT. Penelitian dilakukan dengan menggunakan sampel TDT dan titik JKVN yang ada di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Penentuan koordinat 3D titik-titik sampel dilakukan dengan menggunakan metode *Real Time Kinematic Network Transported RTCM via Internet Protocol (RTK NTRIP)* menggunakan layanan InaCORS. Koordinat sampel TDT dari hasil pengukuran *Global Navigation Satellite System (GNSS)* setara Orde 2 digunakan sebagai pembandingan. Nilai tinggi elipsoid hasil pengamatan RTK NTRIP dan jaring statik GNSS Orde 2 dikonversi menjadi tinggi orthometrik menggunakan layanan *online InaGeoid*. Pengukuran beda tinggi jaring tertutup dilakukan dengan menggunakan sipat datar digital secara pergi-pulang terhadap 2 pasang sampel TDT (*Loop-1* dan *Loop-2*). Analisis pertama dilakukan dengan membandingkan tinggi hasil konversi layanan *online InaGeoid* dengan nilai tinggi yang tertera pada deskripsi titik JKVN dari web SRGI 2013. Analisis kedua dilakukan dengan membandingkan beda tinggi hasil konversi layanan *online InaGeoid* dengan beda tinggi hasil pengukuran sipat datar. Evaluasi hasil dilaksanakan dengan mengacu ke standar yang pengukuran kadastral *US Bureau of Land Management*.

Kata kunci : titik dasar teknik, penentuan koordinat 3D, InaGeoid, SRGI 2013, buku tugu BPN

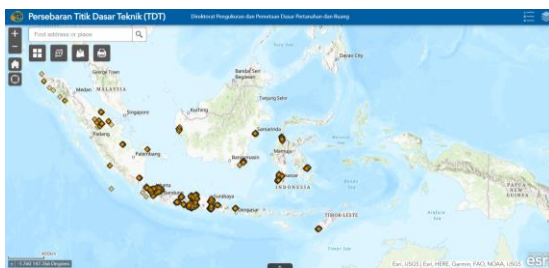
ABSTRACT

The coordinates of the Cadastral Control Point (TDT) managed by the Ministry of Agrarian Affairs and Spatial Planning/National Land Agency (ATR/BPN) still refer to the ellipsoid of the World Geodetic System 1984 (WGS84) or refer to the 1995 National Geodetic Datum (DGN95) which was realized using International Terrestrial Reference Frame 1991 (ITRF91) 1992.0 epoch. Research on the evaluation of updating TDT coordinates is still very rare, especially on the determination of the coordinate to the Indonesian Geospatial Reference System 2013 (SRGI 2013). Analysis of the determination of TDT height referring to the 2013 SRGI has not even been done before. This study aims to examine the potential and identify problems related to the use of the 2013 SRGI geoid model (InaGeoid) for defining TDT height. The study was conducted using TDT samples and JKVN points in the Special Region of Yogyakarta Province. The determination of the 3D coordinates of the sample points was carried out using the Network Transported RTCM via Internet Protocol Real Time Kinematic (NTRIP RTK) method using the InaCORS service. The coordinates of the TDT sample of a 2nd Order equivalent Global Navigation Satellite System (GNSS) measurement was used for comparison. The ellipsoid height values observed by the NTRIP RTK and 2nd Order GNSS measurement were converted to orthometric heights using the InaGeoid online service. The measurement of the height difference of the closed nets was carried out using a digital level (round trip) on 2 pairs of TDT samples (Loop-1 and Loop-2). The first analysis was conducted by comparing the height of the InaGeoid online conversion result with the high value listed on the site log of the JKVN point from the SRGI 2013 web. The second analysis was carried out by comparing the height difference between the conversion results of the InaGeoid online service with the height difference from leveling measurement. Evaluation of the results is carried out with respect the cadastral measurement standard from US Bureau of Land Management.

Keywords : cadastral control points, 3D coordinates determination, InaGeoid, SRGI 2013, BPN site log

1. PENDAHULUAN

Titik Dasar Teknik (TDT) yang dikelola oleh Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional (ATR/BPN) adalah bagian dari Jaringan Kontrol Horizontal Nasional (JKHN) yang dipasang oleh pemerintah mulai awal tahun 1990-an. Pada awal pengembangan JKHN, Badan Koordinasi Survei Pemetaan Nasional (yang pada tahun 2011 berubah menjadi Badan Informasi Geospasial - BIG) memasang titik JKHN orde 0 dan orde 1 sedangkan Badan Pertanahan Nasional (BPN) memasang titik kontrol orde 2, orde 3 dan orde 4 yang lebih dikenal dengan istilah TDT. Sebaran TDT di Indonesia tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1. Sebaran TDT di Indonesia (ATR BPN, 2021)

Sebagai bagian dari Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI), koordinat JKHN orde 0 dan 1 telah didefinisikan ke SRGI 2013 yang terikat ke *International Terrestrial Reference Frame 2008* (ITRF 2008) epok Januari 2012.0. Sesuai keterangan pada Buku Tugu, koordinat TDT hingga saat ini masih mengacu pada elipsoid *World Geodetic System 1984* (WGS84) seperti tersaji pada Gambar 2. Ini sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam Peraturan Menteri Negara Agraria No.3 Tahun 1997 yang secara redaksional menetapkan sistem referensi geospasial pengukuran kadastral ke datum geodetik WGS84.

DIREKTORAT PENGUKURAN DAN PEMETAAN BADAN PERTANAHAN NASIONAL				
GAMBAR LOKASI STASION GPS DATUM WGS 84				
NO STASION :	13008			
Definitif :	Lintang	Bujur		h (m)
GEODETIS :	7 55 49.6904	110 13 30.7354		36.608 m
KOORDINAT :	X (m)	Y (m)		H (m)
(UTM) :	414601.217	9123309.163		36.608 m
(TM) :	279959.461	623055.926		36.608 m

(a)

DIREKTORAT PENGUKURAN DASAR BADAN PERTANAHAN NASIONAL		NO.TITIK 13045
DAFTAR KOORDINAT TITIK DASAR TEKNIK ORDE : II		
Alat Yang Digunakan :	Trimble 4600LS	Metoda Pengamatan : Differential Static
Nomor Seri Alat :	2134.2139.3345.4544.9050.9851	Tgl. Penghitungan : Nov07
DATUM : WGS 1984 a = 6378137 m , f = 1 / 298.25722357		

(b)

Gambar 2. Contoh buku tugu TDT; (a) buku tugu tahun 1994, (b) buku tugu tahun 2007

Jika dilihat dari tahun pembuatannya buku tugu nya, sebagian TDT BPN kemungkinan besar mengacu ke Datum Geodetik Nasional 1995 yang ditetapkan oleh pemerintah melalui Keputusan Ketua Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal) No. HK.02.04/II/KA/96 tahun 1995. Ini dikarenakan secara teknis penentuan koordinat TDT dilakukan dengan menggunakan jaringan statik *Global Positioning System* (GPS) dengan menggunakan titik ikat dengan orde yang lebih tinggi (orde 0 atau orde 1). DGN95 merupakan sistem referensi yang menggunakan datum geodetik WGS84 yang direalisasikan menggunakan pengikatan titik-titik orde 0 dan orde 1 ke ITRF 1991 epok 1992.0

Seperti halnya titik orde 0 dan orde1, TDT BPN sebenarnya memiliki koordinat 3D dengan nilai ketinggian titik mengacu elipsoid (tinggi geometrik). Selama ini, TDT digunakan untuk pemetaan bidang tanah yang bersifat 2D dan tidak memerlukan informasi tinggi. Informasi tinggi menjadi penting untuk survei kadaster 3D. Ketentuan teknis terkait kadaster 3D yang tertera pada Peraturan Pemerintah No.18 Tahun 2021 seperti “30 meter di bawah tanah” mungkin dapat ditentukan dengan penentuan tinggi secara lokal dari permukaan tanah. Dalam jarak hingga 1 kilometer, objek-objek kadaster 3D dapat direferensikan ke permukaan tanah dengan menganggapnya sebagai bidang datar (Erba dkk., 2014). Namun, karena secara riil objek kadaster 3D sangat mungkin tersebar di berbagai tempat di sebuah kota atau berupa objek yang memanjang lebih dari 1 kilometer maka sistem tinggi relatif mengacu ke elipsoid, MSL atau geoid mutlak diperlukan untuk implementasi survei kadaster 3D. Implementasi survei kadaster 3D dapat dilakukan dengan menggunakan tinggi elipsoid tapi tinggi ortometrik (mengacu ke MSL) yang memiliki representasi fisik memberi kemudahan dalam beberapa kasus (Navratil & Unger, 2013). Implementasi kadaster 3D juga dapat mengacu ke geoid (Putraningtyas dkk., 2021).

Penelitian ini mengkaji penentuan tinggi TDT mengacu ke geoid nasional Indonesia atau yang disebut

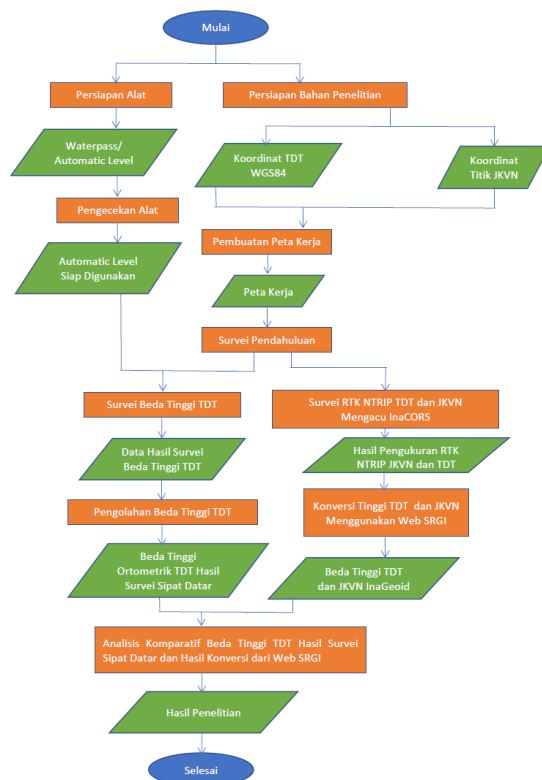
dengan InaGeoid agar TDT memiliki koordinat 3D. TDT yang memiliki koordinat 3D diharapkan dapat menjadi infrastruktur penentuan posisi untuk survei kadaster 3D sesuai dengan ketentuan-ketentuan pada Peraturan Menteri ATR/BPN No.16 Tahun 2021. Selain itu, TDT 3D juga dapat menjadi acuan berbagai survei pemetaan lainnya yang memerlukan koordinat 3D.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlokasi di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Dari hasil penelitian oleh Atunggal dkk. (2021) diketahui ketersediaan TDT secara riil di Provinsi DIY berkisar 60% dari data awal sejumlah 290 TDT. Jumlah TDT dengan kondisi baik dan berobstruksi minimal ada 45 titik. TDT yang digunakan dalam penelitian ini adalah 4 TDT dari 45 TDT tersebut. Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Koordinat TDT di Provinsi DIY
2. Koordinat JKV di Provinsi DIY
3. 1 set *digital level/waterpass* (WP)
4. 1 set *receiver* RTK GNSS

Tahapan pelaksanaan penelitian tersaji pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahapan pelaksanaan penelitian

2.1 Persiapan dan Pengecekan Alat

Persiapan dan pengecekan alat dilakukan untuk memastikan alat digital level dan *receiver* RTK GNSS dalam kondisi yang baik dan siap digunakan. Digital level yang digunakan memiliki kesalahan kolimasi 0.5 milimeter. *Receiver* RTK GNSS memiliki *Time to First Fix* (TTFF) kurang dari 10 detik. Alat RTK juga diset agar hanya menyimpan solusi RTK *fixed* saja.

2.2 Persiapan Bahan dan Pembuatan Peta Kerja

Persiapan bahan penelitian meliputi pengumpulan data koordinat TDT dan JKV di DIY serta pemilihan sampel TDT dan JKV untuk penelitian. Sampel TDT yang dipilih adalah TDT 1305006, 13014, 1305010, dan 13015 sedangkan JKV sampelnya adalah JKV Tanda Tinggi Geodesi (TTG) 0825, 0826, 0832 dan 0833. Dari TDT dan JKV terpilih tersebut kemudian dibuat peta kerja untuk survei pendahuluan dan survei RTK TDT serta JKV. Bahan penelitian lainnya yang digunakan dalam penelitian ini adalah koordinat titik TDT hasil pendefinisian ke SRGI 2013 menggunakan metode jaring statik setara orde 2 oleh Widjajanti dkk. (2021).

2.3 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan ke lapangan dilakukan untuk memastikan titik sampel kondusif untuk pengukuran RTK dan merencanakan pengukuran sipat datar yang terdiri atas 2 *loop* yaitu *Loop-1* (pasangan TDT 1305006 dan 13014) serta *Loop-2* (pasangan TDT 1305010 dan 13015).

2.4 Survei RTK NTRIP TDT dan JKV

Survei RTK *Network Transported RTCM via Internet Protocol* (NTRIP) dilakukan dengan menggunakan layanan InaCORS dari BIG. Pengukuran RTK NTRIP mengacu InaCORS akan menghasilkan koordinat yang mengacu ke SRGI 2013 yang koordinatnya dapat berupa kartesi 3D dan atau lintang bujur maupun sistem koordinat proyeksi peta dengan nilai tinggi mengacu ke elipsoid/datum geodetik WGS84. Untuk setiap titik pengamatan RTK direkam 20 koordinat untuk melihat konsistensi hasil pengukuran RTK pada titik tersebut.

2.5 Survei Bada Tinggi/Sipat Datar

Survei beda tinggi/sipat datar dilakukan dengan menggunakan metode sipat datar

memanjang yang menghubungkan dua titik. Pengukuran dilakukan secara dua kali pulang pergi melalui jalur yang berbeda. Setiap pengukuran pulang pergi membentuk 1 loop.

2.6 Konversi Tinggi TDT dan JKVN dengan Layanan Online InaGeoid pada Web SRGI

Konversi tinggi TDT dan JKVN dilakukan dengan menggunakan layanan *online* InaGeoid pada Web SRGI. Cara konversi yang digunakan pada layanan tersebut adalah konversi dengan input *single coordinate*.

2.7 Pengolahan Hasil Survei Beda Tinggi/Sipat Datar

Pengolahan hasil survei beda tinggi/sipat datar dilakukan dengan menggunakan metode sipat datar tertutup untuk *Loop-1 dan Loop-2*.

2.8 Analisis Komparatif Beda Tinggi

Analisis komparatif beda tinggi dilakukan dengan membandingkan nilai beda tinggi hasil antara 2 TDT pada *Loop-1 dan Loop-2*. Beda tinggi yang dibandingkan adalah beda tinggi hasil pengukuran RTK yang nilai tingginya telah dikonversi menggunakan layanan InaGeoid dengan beda tinggi hasil pengukuran sipat datar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian diuraikan pada poin 3.1, 3.2, 3.3 dan 3.4 sebagai berikut.

3.1 Hasil Survei RTK NTRIP TDT dan JKVN

Tabel 1 menyajikan rerata koordinat dari hasil survei RTK NTRIP untuk tiap sampel TDT dan JKVN. Standar deviasi pengukuran RTK NTRIP berkisar antara 0.2 s.d 1.3 sentimeter.

Tabel 1. Koordinat sampel TDT dan JKVN hasil pengukuran RTK NTRIP

Titik	Lintang (DD)	Bujur (DD)	Tinggi Elipsoid (m)
JKV0825	-7.876042511	110.2057061	51.238
JKV0826	-7.848277692	110.2174882	79.949
JKV0832	-7.765009211	110.3618428	164.867
JKV0833	-7.740757103	110.3624019	190.862
TDT1305010	-7.817417575	110.2563547	88.184
TDT13015	-7.829811036	110.2544578	79.221
TDT1304	-7.829091667	110.3206865	103.479
TDT1305006	-7.831436603	110.3231266	100.707

3.2 Hasil Konversi Tinggi TDT dan JKVN menggunakan layanan InaGeoid

Hasil konversi tinggi TDT dan JKVN dari tinggi elipsoid menjadi tinggi menurut InaGeoid tersaji pada Tabel 2. Ketelitian InaGeoid untuk seluruh titik sampel sama yaitu 5 sentimeter.

Tabel 2. Hasil Konversi Tinggi TDT dan JKVN menggunakan layanan InaGeoid

Titik	Tinggi Elipsoid (m)	Undulasi Geoid (m)	Tinggi InaGeoid (m)
JKV0825	51.238	25.193	26.045
JKV0826	79.949	25.505	54.444
JKV0832	164.867	26.123	138.744
JKV0833	190.862	26.325	164.537
TDT1305010	88.184	25.725	62.459
TDT13015	79.221	25.664	53.557
TDT1304	103.479	25.798	77.681
TDT1305006	100.707	25.798	74.909

Titik JKVN memiliki tinggi ortometrik yang mengacu ke MSL. Pada deskripsi titik yang dapat diunduh dari web SRGI tidak dicantumkan informasi nilai tinggi tersebut mengacu pada tahun berapa. Perbandingan nilai tinggi hasil konversi dari InaGeoid dan tinggi ortometrik dari deskripsi titik SRGI untuk titik-titik sampel JKVN tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Selisih Tinggi JKVN mengacu InaGeoid dan Tinggi Ortometrik Deskripsi Titik Web SRGI

Titik	Tinggi InaGeoid (m)	Tinggi Orthometrik (m)	Selisih Tinggi (m)
JKV0825	26.045	24.810 ± 14.40 mm	1.235
JKV0826	54.444	53.127 ± 14.20 mm	1.317
JKV0832	138.744	137.356 ± 13.00 mm	1.388
JKV0833	164.537	163.851 ± 13.10 mm	0.686

Secara umum, nilai tinggi mengacu ke InaGeoid lebih besar dari nilai tinggi ortometrik dari deskripsi titik web SRGI. Analisis tentang mengapa terdapat perbedaan yang dominan sebesar 1.2 s.d 1.3 meter sulit dilakukan karena tidak adanya informasi tentang epok/tahun dari nilai tinggi ortometrik pada web SRGI. Besar selisih/*offset* antara tinggi orthometrik dari deskripsi titik SRGI dan tinggi menurut InaGeoid perlu dipelajari lebih lanjut utamanya apabila pengukuran tinggi mengacu dua metode tersebut akan digunakan, seperti ketentuan yang tertera pada Peraturan Badan Informasi Geospasial No.13 Tahun 2021 pasal 16 ayat 1 poin a dan b.

3.3 Hasil Pengukuran dan Pengolahan Beda Tinggi Sampel TDT

Pengolahan data beda tinggi hasil pengukuran pada *Loop-1* (Gambar 4) tersaji pada Tabel 4.



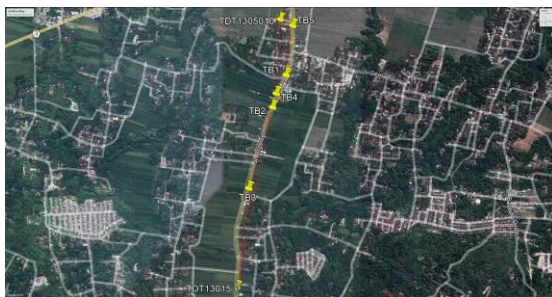
Gambar 4. Sketsa pengukuran *Loop-1* (sumber citra satelit ilustrasi: Google)

Tabel 4. Hasil pengolahan pengukuran beda tinggi *Loop-1* (TDT13014-TDT1305006)

Titik	Total Jarak (m)	Kesalahan Penutup (cm)	Kualitas Pengukuran
Pengukuran Pergi	868.96	-0.0023	Kesalahan Penutup < 4mm√D
Pengukuran Pulang	866.84	0.0013	(Setara Kelas LA/Orde 1)
Rata-rata Pergi-Pulang	867.90	0.0018	LA/Orde 1)

Kesalahan penutup pengukuran pergi, pengukuran pulang dan reratanya lebih kecil dari 4mm√D sehingga dapat dikatakan setara dengan pengukuran sipat datar Kelas LA/Orde 1 mengacu ke Standar Nasional Jaring Kontrol Vertikal (SNI) No. 19-6988-2004 tahun 2004.

Pengolahan data beda tinggi hasil pengukuran pada *Loop 2* (Gambar 5) tersaji pada Tabel 5.



Gambar 5. Sketsa pengukuran *Loop-2* (sumber citra satelit ilustrasi: Google)

Tabel 5. Hasil pengolahan pengukuran beda tinggi *Loop-2* (TDT1305010-TDT1305)

Titik	Total Jarak (m)	Kesalahan Penutup (cm)	Kualitas Pengukuran
Pengukuran Pergi	2907.74	0.0052	Kesalahan Penutup < 2mm√D
Pengukuran Pulang	2909.84	0.0013	(Setara Kelas LAA/Orde 0)
Rata-rata Pergi-Pulang	2908.79	0.00325	LAA/Orde 0)

Kesalahan penutup pengukuran pergi, pengukuran pulang dan reratanya lebih kecil dari 2mm√D sehingga dapat dikatakan setara dengan pengukuran sipat datar Kelas LAA/Orde 0 mengacu ke Standar Nasional Jaring Kontrol Vertikal (SNI) No. 19-6988-2004 tahun 2004. Hasil pengukuran beda tinggi *Loop-1* dan *Loop-2* sangat baik dan dapat dijadikan sebagai acuan beda tinggi hasil konversi InaGeoid.

3.4 Hasil Komparasi Beda Tinggi TDT dari Pengukuran Sipat Datar dan Konversi InaGeoid

Selisih antara beda tinggi antar TDT pada *Loop 1* dan *Loop-2* hasil pengukuran RTK NTRIP yang telah dikonversi menggunakan InaGeoid dengan pengukuran WP tersaji pada Tabel 6.

Tabel 6. Selisih antara beda tinggi hasil pengukuran RTK NTRIP yang telah dikonversi menggunakan InaGeoid dengan pengukuran WP

Sampel Penelitian	Beda Tinggi RTK InaCORS InaGeoid (m)	Beda Tinggi Pengukuran WP (m)	Selisih (cm)
<i>Loop-1</i>	2,772	2,7726	0,06
<i>Loop-2</i>	8,902	8,8180	8,39

Dari hasil perbandingan beda tinggi hasil pengukuran RTK NTRIP yang telah dikonversi menggunakan InaGeoid dengan pengukuran WP pada *Loop-1* dan *Loop-2* yang masing-masing sebesar 0.06 sentimeter dan 8.39 sentimeter dapat diketahui bahwa penentuan tinggi TDT menggunakan metode RTK NTRIP mengacu InaGeoid memiliki ketelitian yang cukup baik. Perlu digarisbawahi bahwa obstruksi pada kedua *loop* tersebut relatif minimum. Pengukuran pada kondisi obstruksi sedang maupun tinggi dapat menurunkan kualitas penentuan tinggi menggunakan metode tersebut.

Untuk melihat konsistensi penentuan tinggi RTK NTRIP mengacu InaGeoid, dilakukan perbandingan beda tinggi antara hasil konversi InaGeoid menggunakan koordinat jaring statik setara Orde 2 dengan beda tinggi pengukuran WP seperti tersaji pada Tabel 7.

Tabel 7. Selisih antara beda tinggi hasil pengukuran jaring statik setara Orde 2 yang telah dikonversi menggunakan InaGeoid dengan pengukuran WP

Sampel Penelitian	Beda Tinggi Koordinat	Beda Tinggi Pengukuran	Selisih (cm)
	Setara Orde 2 InaGeoid (m)	WP (m)	
<i>Loop-1</i>	2,779	2,7726	0,6
<i>Loop-2</i>	8,826	8,8180	0,8

Dari selisih beda tinggi antara koordinat titik setara orde 2 yang ketinggiannya dikonversi menggunakan InaGeoid dengan beda tinggi dari WP yang berkisar pada 0,6 sentimeter dan 0,8 sentimeter dapat diketahui bahwa penentuan tinggi TDT menggunakan jaring statik setara orde 2 memberi hasil yang konsisten pada level milimeter. Namun demikian, karena prinsip survei pemetaan saat ini yang diharapkan dapat memenuhi 3 kriteria utama; akurat, murah dan cepat maka penentuan tinggi menggunakan metode statik perlu dipelajari lebih lanjut untuk pengukuran setara Orde 3, Orde 4 sesuai SNI No. 19-6724 Tahun 2002 atau menggunakan teknik rapid statik.

Hasil penentuan tinggi menggunakan metode RTK GNSS dan jaring statik setara Orde 2 yang tinggi nya dikonversi menggunakan InaGeoid pada penelitian ini sesuai dengan batas toleransi standar pengukuran kadastral dari *US Bureau of Land Management* (2001) seperti tersaji pada Tabel 8.

Tabel 8. Standar pengukuran kadastral dari *US Bureau of Land Management*

Hasil Pengolahan Baseline atau Perataan Jaring Bebas	
Kesalahan kurang dari 0,05 (m)	Titik Kontrol Kadastral
Kesalahan kurang dari 0,10 (m)	Survei Pemetaan Kadastral
Hasil Pengolahan Jaring	
Kesalahan kurang dari 0,10 (m)	Titik Kontrol Kadastral
Kesalahan kurang dari 0,20 (m)	Survei Pemetaan Kadastral

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dengan studi kasus di Daerah Istimewa Yogyakarta (pada daerah relative datar) penentuan tinggi TDT mengacu InaCORS dan InaGeoid menghasilkan beda tinggi yang berbeda hingga level sentimeter dengan hasil survei sipat datar. Penentuan tinggi dengan metode jaring statik GNSS setara Orde 2 mengacu JKHN SRGI dan InaGeoid menghasilkan beda tinggi yang berbeda dalam level milimeter dengan hasil survei sipat datar. Perlu diteliti lebih lanjut penentuan tinggi TDT mengacu InaCORS dan InaGeoid pada area urban karena area survei pada penelitian ini cukup terbuka dan minim obstruksi. Perlu

penelitian penggunaan metode jaring statik setara orde 3, radial setara orde 4, dan rapid static untuk penentuan tinggi dengan mengacu ke JKHN/InaCORS dan InaGeoid.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih penulis sampaikan kepada Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada serta Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional dan segenap tim peneliti yang telah mendukung berjalannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ATR BPN. (2021). Persebaran Titik Dasar Teknik (TDT).
<https://learnings1.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=422dfb8b7c6a4c72a6c942a9b0786f23>
- Atunggal, D., Widjajanti, N., Aditya, T., & Wahyudi, A. (2021). *The Role of Positioning Infrastructure and Mapping Surveys in 3D Cadastre Implementation for Mass Rapid Transport Infrastructures – Indonesia Case*. 7th International FIG Workshop on 3D Cadastres, October 2021, 1–18.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). Standar Nasional Indonesia No. 19-6988-2004 tentang Jaring kontrol vertikal dengan metode sipatdatar.
- BIG. (2021). Sistem Referensi Geospasial Indonesia.
- BSN. (2002). Standar Nasional No. 19-6724-2002 Tahun 2002 tentang Jaring Kontrol Horizontal.
- Erba, D. A., Noguera, G., Mangiaterra, A., & Cangás Chávez, G. A. (2014). *Height Reference for Parcels and Land Objects for the 3D Cadastres Structuring*. 4th International Workshop for 3D Cadastres, 9-11 November, 159–172.
- Bureau of Land Management, (2001). Standards and Guidelines for Cadastral Surveys Using Global Positioning System Methods.
- Menteri ATR/BPN. (2021). Peraturan Menteri Agraria Dan Tata Ruang/ Kepala Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2021.
- Navratil, G., & Unger, E. M. (2013). Requirements of 3D cadastres for height systems. *Computers, Environment and Urban Systems*, 38(1), 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2012.11.002>

- Putraningtyas, E. M. L., Heliani, L. S., Widjajanti, N., & Aditya, T. (2021). Determination of a Local Hybrid Geoid as a Height Reference System for 3D Cadastre. *Indonesian Journal of Geography*, 53(2).
- Sekretariat Negara Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah No. 18 Tahun 2021 tentang Hak Pengelolaan, Hak Atas Tanah, Satuan Rumah Susun, dan Pendaftaran Tanah.
- Widjajanti, N., Atunggal, D., & Aditya, T. (2021). Laporan Akhir Pengkajian dan Pengujian Titik Dasar Teknik.