

Evaluasi Spesifikasi Teknik pada Survei GPS

MUHAMMAD FARIZI GURANDHI, BAMBANG RUDIANTO

Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional Bandung

Email: muhammadfarizi29@gmail.com; rudianto@itenas.ac.id

ABSTRAK

Tingkat ketelitian posisi pada survei GPS akan bergantung pada bagaimana cara memperlakukan faktor-faktor yang mempengaruhi ketelitian tersebut. Ketelitian yang akan didapatkan dalam penentuan posisi pada survei GPS mengacu pada spesifikasi teknik yang telah ditetapkan. Penelitian ini merupakan kajian empirik dalam penetapan spesifikasi teknik pada survei GPS berdasarkan pengalaman praktis dan hasil pengukuran lapangan sebelumnya. Implementasi terhadap penetapan spesifikasi teknik menghasilkan ketelitian posisi horisontal di bawah 2 cm dan posisi vertikal di bawah 4 cm. Ketelitian yang diperoleh dari hasil implementasi spesifikasi teknik yang ditetapkan lebih baik dibandingkan dengan sebelumnya.

Kata kunci: survei GPS, ketelitian posisi titik, spesifikasi teknik

ABSTRACT

Point positioning accuracy of GPS surveying generated will depend how to treat the factors that influence. Accuracy that would be obtained in a GPS surveying refers to the Terms of Reference (TOR) that have been set. This research is an empirical study on the determination of the Terms of Reference at the GPS surveying results based on practical experience and field measurements that have been done before. Implementation of the determination of the Terms of Reference generates horizontal position accuracy below 2 cm and a vertical position under 4 cm. Implementation of the Terms of Reference resulted in a better position accuracy than ever before.

Keywords: GPS surveying, accuracy the position point, term of reference.

1. PENDAHULUAN

Ketelitian posisi yang didapat dari survei GPS secara umum bergantung pada empat faktor, yaitu: ketelitian data, geometri pengamatan, strategi pengamatan, dan strategi pengolahan data [Abidin, dkk. 2002]. Ketelitian posisi yang diperoleh tidak terlepas dari kesalahan-kesalahan yang dapat mempengaruhi hasil pengamatan. Kesalahan-kesalahan tersebut meliputi pada lambatnya perambatan sinyal yang melalui ionosfer serta atmosfer, kesalahan *multipath* yang disebabkan oleh memantulnya sinyal satelit terhadap objek sekitar sebelum ditangkap oleh *receiver*, dan lemahnya posisi geometri satelit [Brinton, *et al.* 2000].

Tingkat ketelitian posisi pada survei GPS akan bergantung pada bagaimana cara memperlakukan faktor-faktor yang mempengaruhi ketelitian tersebut. Dapat dimaklumi bahwa ketelitian posisi yang akan diperoleh mengacu pada spesifikasi teknik yang digunakan.

Secara umum spesifikasi teknik merupakan suatu uraian dan ketentuan-ketentuan yang disusun secara lengkap dan jelas guna memenuhi standar kualitas hasil yang telah ditetapkan pada suatu pekerjaan. Salah satu tujuan dari spesifikasi teknik adalah untuk menjamin tercapainya ketelitian hasil pengukuran yang diperoleh sesuai dengan apa yang ditetapkan. Spesifikasi teknik dapat diturunkan berdasarkan kajian secara teoritik dan dapat pula diturunkan berdasarkan kajian yang mengacu pada data empirik. Cara pertama, merupakan proses penetapan spesifikasi teknik, dimana acuan ketelitian yang ingin dicapai mengacu pada dalil perambatan kesalahan pengamatan yang dihitung melalui teknik hitung perataan metode kuadrat terkecil. Sedang cara kedua, merupakan proses penetapan spesifikasi teknik dimana acuan ketelitian yang ingin dicapai mengacu pada data empirik yang ada berdasarkan hasil pengukuran serupa yang pernah dilakukan sebelumnya.

Penelitian ini merupakan kajian praktis studi awal penetapan spesifikasi teknik pada survei GPS secara empirik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Spesifikasi teknik yang ditetapkan secara empirik dapat diturunkan berdasarkan data ketelitian posisi yang diperoleh dari hasil pengukuran sebelumnya. Dalam penelitian ini, ketelitian posisi yang dihasilkan dari survei GPS diasumsikan hanya dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

- 1) Lokasi titik disekitar pengamatan
- 2) Interval waktu perekaman data (*epoch*)
- 3) Lama waktu pengamatan
- 4) Rentang waktu saat pengamatan
- 5) Koneksitas jaring
- 6) Pengaruh penambahan titik ikat

Faktor-faktor lain diluar yang disebutkan di atas, dalam penelitian ini untuk sementara diasumsikan tidak berpengaruh terhadap ketelitian posisi titik yang akan dihasilkan.

Besarnya pengaruh dari ke tujuh faktor di atas terhadap ketelitian posisi yang dihasilkan pada survei GPS, secara empirik diadopsi dari hasil-hasil penelitian sebelumnya dan dijadikan sebagai rujukan dalam penetapan spesifikasi teknik pengukuran selanjutnya. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketelitian posisi dalam survei GPS adalah sebagai berikut:

1) Pengaruh Lokasi Titik Terhadap Ketelitian Posisi

Dalam pemilihan lokasi titik, hal yang harus diperhatikan adalah ketinggian dari obyek-obyek yang berada disekitar pengamatan yang berpotensi dapat mengganggu penerimaan sinyal dari satelit ke *receiver*. Antara lain adalah efek *multipath*, upaya yang dapat dilakukan untuk memperkecil pengaruh efek *multipath* adalah dengan cara pengaturan *mask angle* yang relatif besar, namun cara ini beresiko tinggi, karena akan memperkecil jumlah satelit yang dapat diterima oleh *receiver*. Pengaturan *mask angle* perlu disesuaikan dengan kondisi lingkungan disekitar pengamatan. Selain ketinggian dari obyek-obyek sekitar, pengaturan *mask angle* pun harus memperhatikan jumlah satelit yang dapat diterima serta nilai PDOP yang didapat.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, pengaturan *mask angle* terbaik dalam survei GPS adalah sebesar 15°. Berikut adalah pengaruh pengaturan besarnya *mask angle* pada *receiver* terhadap ketelitian posisi horisontal titik yang diwakili oleh parameter harga setengah sumbu panjang elips kesalahan absolut (σ_u) dan ketelitian posisi vertikal yang diwakili oleh nilai simpangan baku tinggi (σ_h) yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Pengaturan Mask Angle Terhadap Ketelitian Posisi

MA	SV	PDOP	σ_u (meter)	σ_h (meter)
5°	10	2,525	±0,039	±0,077
10°	9	2,658	±0,016	±0,032
15°	8	2,936	±0,015	±0,028
20°	7	4,400	±0,012	±0,028

Sumber : (Rahman, P.I., 2013)

Selain faktor dari ketinggian obyek-obyek sekitar, lokasi titik sebaiknya berada jauh dari obyek yang dapat menyebabkan interferensi elektrik. Interferensi elektrik merupakan interaksi antar sinyal yang akan menimbulkan gelombang baru yang merupakan penjumlahan dari dua gelombang. Berdasarkan penelitian sebelumnya efek interferensi elektrik ini dapat menurunkan ketelitian posisi titik. Berikut adalah pengaruh efek interferensi elektrik terhadap ketelitian posisi titik yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh Interferensi Elektrik Terhadap Ketelitian Posisi

Lokasi	Ketelitian Horisontal (σ_u) meter	Ketelitian Vertikal (σ_h) meter
dekat dari obyek penyebab interferensi elektrik	±0,17	±0,23
jauh dari obyek penyebab interferensi elektrik	±0,13	±0,15

Sumber : (Sodikin, Y., 2013)

2) Pengaruh Penentuan Interval Waktu Perekaman Data (*epoch*) Terhadap Ketelitian Posisi

Tingkat kesuksesan dalam pemilihan lama waktu pengamatan akan bergantung pula terhadap pemilihan interval waktu perekaman yang sesuai. Berdasarkan data penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, terdapat korelasi antara ketelitian posisi titik yang diperoleh terhadap pengaturan interval waktu perekaman data pada *receiver*. Berikut adalah pengaruh waktu pengamatan terhadap ketelitian posisi yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh Interval Waktu Perekaman Data Terhadap Ketelitian Posisi

Interval Waktu Perekaman Data (detik)	Rata-rata σ_u (meter)	Rata-rata σ_h (meter)
1	$\pm 0,012$	$\pm 0,038$
5	$\pm 0,004$	$\pm 0,014$
10	$\pm 0,005$	$\pm 0,025$
15	$\pm 0,018$	$\pm 0,051$

Sumber: (Moran, F., 2013)

3) Pengaruh Lama Waktu Pengamatan Terhadap Ketelitian Posisi

Secara teoritik semakin lama waktu pengamatan yang dilakukan pada survei GPS, maka semakin baik pula kualitas data yang akan didapatkan. Hal ini disebabkan satelit akan meliputi perubahan geometri yang lebih besar serta perubahan kondisi atmosfer. Ini akan menyebabkan randomisasi yang lebih baik terhadap efek dari kesalahan orbit serta efek bias ionosfir dan troposfir pada data ukuran jarak [Wells *et al*, 1986]. Namun disini lain, penentuan lamanya waktu pengamatan juga harus mempertimbangkan panjang *baseline* yang akan diamati. Panjang *baseline* dengan kisaran 5-10 kilometer, lama pengamatan yang dianjurkan untuk pengamatan menggunakan metode diferensial statik adalah 60 menit, untuk panjang *baseline* di atas 10 kilometer adalah 90-180 menit.

4) Pengaruh Waktu Pengamatan Terhadap Ketelitian Posisi

Terkait dengan penentuan waktu pengamatan, aspek yang harus dipertimbangkan adalah aktivitas ionosfer. Waktu-waktu dimana aktivitas ionosfer tinggi sebaiknya dihindari. Berdasarkan hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, waktu pengamatan terbaik dalam survei GPS adalah siang hari, yaitu sekitar pukul 11.00-14.00 WIB. Berikut adalah pengaruh waktu pengamatan terhadap ketelitian posisi yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh Waktu Pengamatan Terhadap Ketelitian

Waktu Pengamatan	Rata-rata σ_u (meter)	Rata-rata σ_h (meter)
pagi hari (05.00-08.00)	$\pm 0,095$	$\pm 0,114$
siang hari (11.00-14.00)	$\pm 0,038$	$\pm 0,048$
Sore hari (15.00-18.00)	$\pm 0,051$	$\pm 0,074$
halam hari (19.00-22.00)	$\pm 0,100$	$\pm 0,115$
dini hari (24.00-03.00)	$\pm 0,248$	$\pm 0,268$

Sumber: (Rahman, R.R., 2012)

5) Pengaruh Koneksitas Jaring Terhadap Ketelitian Posisi

Tingkat koneksitas titik, jumlah *baseline* yang terikat ke suatu titik merupakan salah satu faktor yang menentukan nilai kekuatan jaring (*strenght of figure*). Secara teoritik, semakin tinggi koneksitas titik dalam suatu jaring, maka semakin banyak jumlah *baseline* yang terikat ke suatu titik. Dengan demikian nilai kekuatan jaring tersebut akan semakin baik. Berikut adalah pengaruh penggunaan koneksitas jaring terhadap ketelitian posisi yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh Koneksitas Jaring Terhadap Ketelitian Posisi

Koneksitas Jaring	Rata-rata σ_u (meter)	Rata-rata σ_h (meter)
2	$\pm 0,164$	$\pm 0,125$
3	$\pm 0,096$	$\pm 0,080$
4	$\pm 0,073$	$\pm 0,064$
5	$\pm 0,072$	$\pm 0,062$

Sumber: (Utama, T.F., 2012)

6) Pengaruh Penggunaan Titik Ikat Terhadap Ketelitian Posisi

Dalam survei GPS, *baseline* yang akan diamati harus terikat terhadap titik-titik ikat kerangka berorde tinggi. Hal tersebut dimaksudkan untuk menjaga konsistensi titik kerangka yang bersangkutan terhadap titik-titik lainnya. Secara geometrik penambahan jumlah titik ikat yang berfungsi sebagai titik kontrol dalam pengukuran GPS akan meningkatkan nilai kekuatan jaring (*strenght of figure*) sehingga diharapkan dapat meningkatkan ketelitian posisi titik-titik jaring. Penambahan jumlah titik ikat ini sebaiknya disesuaikan dengan besar jaring GPS. Semakin besar jaring GPS maka semakin banyak pula titik ikat yang harus digunakan. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, pengaruh penggunaan satu titik ikat terhadap ketelitian posisi yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengaruh Penggunaan Titik Ikat Terhadap Ketelitian Posisi

Klasifikasi Titik Ikat	Rata-rata σ_u (meter)	Rata-rata σ_h (meter)
Orde 0	$\pm 0,097$	$\pm 0,093$
Orde 1	$\pm 0,112$	$\pm 0,052$

Sumber: (Yuhanafia, 2013)

Mengacu pada data hasil penelitian sebelumnya, dilakukan penetapan spesifikasi teknik yang akan diaplikasikan pada survei GPS dalam penelitian ini. Adapun faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam penetapan spesifikasi teknik adalah sebagai berikut:

1) Lokasi Titik

Lokasi titik yang digunakan sebaiknya memiliki ruang pandang ke langit 15° dan jauh dari obyek yang akan menyebabkan terjadinya efek *multipath*. Pengaturan sudut elevasi minimum satelit (*mask angle*) yang digunakan adalah 15° . Pertimbangan dalam pengaturan *mask angle* sebesar 15° adalah sebagai upaya untuk memperkecil efek

multipath, juga mempertimbangkan jumlah satelit dan harga dari PDOP yang akan didapat. Selain faktor dari ruang pandang ke langit, titik tersebut sebaiknya jauh dari obyek yang menyebabkan efek interferensi elektrik.

2) Waktu Pengamatan

Waktu pengamatan yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah siang hari, antara pukul 11.00-14.00 WIB. Hal ini mengacu terhadap hasil penelitian sebelumnya dimana pada rentang waktu tersebut, ketelitian posisi yang dihasilkan paling baik dibandingkan dengan rentang waktu lainnya.

3) Interval Waktu Perekaman Data (*epoch*)

Interval waktu perekaman data (*epoch*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah 5 detik. Pemilihan interval waktu perekaman data ini didasarkan dari segi ketelitian yang baik juga dari kapasitas ruang penyimpanan data pada *receiver* relatif kecil.

4) Lama Waktu Pengamatan

Lamanya waktu pengamatan ditetapkan selama 180 menit dan 120 menit. Lama waktu pengamatan 180 menit digunakan untuk pengamatan *baseline* pengikatan ke titik ikat. Pemilihan ini berdasarkan jarak *baseline* yang relatif panjang yaitu ± 20 km. Lama waktu pengamatan 120 menit digunakan untuk pengamatan *baseline* diluar keperluan pengikatan ke titik ikat, dengan pertimbangan panjang *baseline* yang relatif pendek yaitu ± 8 km.

5) Koneksitas Jaring

Koneksitas jaring yang digunakan dalam penelitian ini adalah 3 koneksitas. Hal ini didasarkan pada hasil penelitian sebelumnya dimana peningkatan koneksitas 3-4 tidak terlalu signifikan dibandingkan peningkatan koneksitas 2-3.

6) Penggunaan Titik Ikat

Titik ikat yang digunakan adalah titik ikat orde nol, pemilihan titik ikat ini didasarkan pada hasil penelitian sebelumnya dimana titik ikat yang digunakan sebaiknya ber-orde sejenis atau jika memakai satu titik ikat, titik ikat tersebut ber-orde nol.

Adapun spesifikasi teknik yang ditetapkan sebagai acuan dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk Tabel 7.

Tabel 7. Spesifikasi Teknik Pengukuran pada Survei GPS

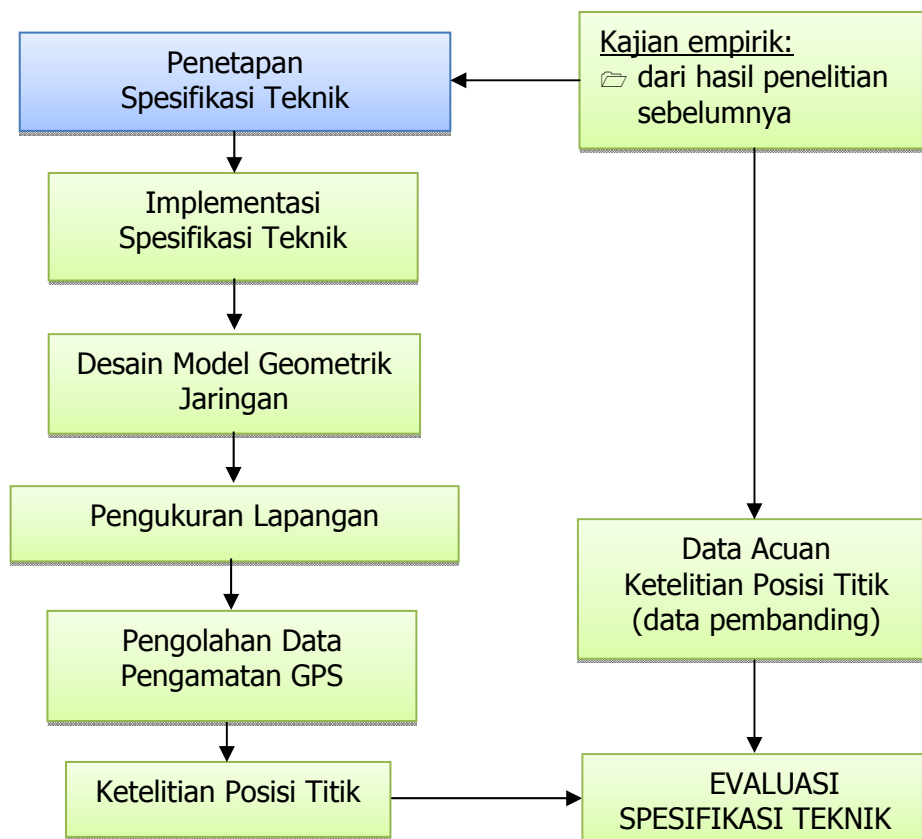
No	Parameter	Keterangan
1	Lokasi Titik	1. Ruang pandang di atas 15° 2. Jauh dari interferensi elektrik
2	Sudut Elevasi Minimum Satelit (<i>Mask Angle</i>)	15°
3	Waktu Pengamatan	11.00-14.00 WIB
4	Interval Waktu Perekaman	5 detik
5	Lama Pengamatan	
	1. Pengikatan ke Titik Tetap	3 jam
	2. Pengamatan ke Titik Lain	1 jam
6	Koneksitas Jaring	3 koneksitas
7	Titik Ikat	Satu titik ikat orde nol

Sebagai pembanding hasil, digunakan data acuan ketelitian posisi titik yang dihitung dari hasil penelitian sebelumnya. Adapun data acuan ketelitian posisi titik yang dijadikan pembanding hasil disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Acuan Ketelitian Posisi Titik

No	Aspek-aspek Ketelitian	Ketelitian Posisi Horizontal (σ_u) (meter)	Ketelitian Posisi Vertikal (σ_h) (meter)
1	Pengaturan Sudut Elevasi Minimum Satelit (<i>Mask Angle</i>)	$\pm 0,015$	± 0.028
2	Pengaruh Interferensi Elektris	$\pm 0,130$	± 0.150
3	Pemilihan Waktu Pengamatan	$\pm 0,038$	± 0.048
4	Pemilihan Interval Waktu Perekaman (<i>Epoch</i>)	$\pm 0,004$	± 0.014
5	Jumlah Koneksitas Jaring	$\pm 0,096$	± 0.080
6	Jumlah Titik Ikat Tetap	$\pm 0,097$	± 0.093
Rata-rata		$\pm 0,063$	± 0.069

Secara skematik tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



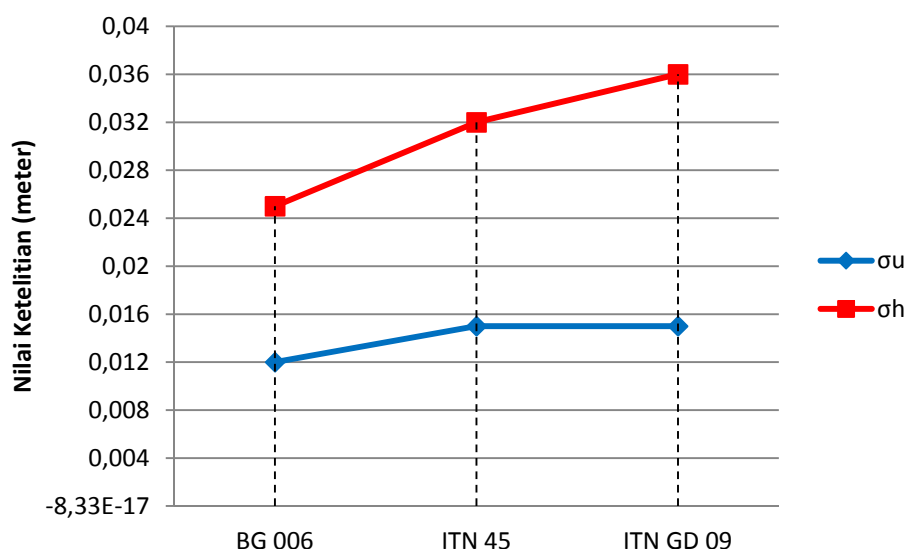
Gambar 1. Diagram Alir Tahap Penelitian

3. HASIL DAN ANALISIS

Secara keseluruhan hasil dari penelitian ini adalah koordinat titik-titik jaring kuadrilateral dan ketelitiannya yang masing-masing diwakili oleh harga setengah sumbu panjang dari elips kesalahan absolut (σ_u) untuk posisi horisontal, dan harga simpangan baku tinggi (σ_h) untuk posisi vertikal. Posisi dan ketelitian titik tersebut dihitung dari data hasil kajian spesifikasi teknik yang disusun berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang akan dievaluasi untuk mengetahui ketelitian hasil yang didapatkan. Adapun harga simpangan baku, dan harga elips kesalahan absolut setiap titik dari hasil penelitian diperlihatkan pada Tabel 9 dan Gambar 2.

Tabel 9. Ketelitian Posisi Hasil Penelitian

No	Nama Titik	Koordinat (meter)			Simpangan Baku (meter)			Elips Kesalahan (meter)
		UTM		Tinggi	σ_x	σ_y	σ_h	σ_u
		x	y	h				
1	DMG 5030	794270,321	9235458,482	708,252	-	-	-	-
2	BG 006	797673,459	9229382,356	682,401	0,010	0,008	0,025	0,012
3	ITN 45	800793,655	9234959,229	795,594	0,012	0,008	0,032	0,015
4	ITN GD 09	788430,319	9229490,141	693,257	0,012	0,010	0,036	0,015
Rata-rata					0,011	0,009	0,031	0,014
Max					0,012	0,010	0,036	0,115
Min					0,010	0,008	0,025	0,012



Gambar 2. Grafik Ketelitian Posisi Titik

Mengacu pada Tabel 9 dan Gambar 2, dapat dicermati bahwa ketelitian rata-rata posisi horisontal dan vertikal yang diperoleh dari data pengamatan yang diturunkan dari spesifikasi teknik yang telah ditetapkan, masing-masing yaitu: ketelitian rata-rata posisi horisontal adalah $\pm 0,014$ meter, dan ketelitian rata-rata posisi vertikal adalah $\pm 0,031$ m meter.

Mengacu pada Tabel 8, dapat dilihat bahwa ketelitian rata-rata posisi horisontal dan vertikal yang diturunkan secara empirik dari penelitian sebelumnya, masing-masing adalah $\pm 0,063$ dan $\pm 0,031$ m meter. Kenyataan tersebut menunjukkan bahwa ketelitian posisi titik yang dihasilkan dari data hasil survei GPS yang diperoleh melalui pengukuran yang mengacu pada spesifikasi teknik yang ditentukan lebih baik dari data yang dijadikan sebagai acuan. Perbandingan ketelitian rata-rata posisi titik dari kedua data tersebut ditunjukkan pada tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan Ketelitian Rata-rata

Data Pengamatan	Posisi Horisontal (σ) (meter)	Posisi Vertikal (σ_h) (meter)
1. Dari Data Perbandingan	$\pm 0,063$	$\pm 0,069$
2. Dari Data Spesifikasi Teknik yang Ditetapkan	$\pm 0,014$	$\pm 0,031$
selisih	$\pm 0,049$	$\pm 0,038$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dari data penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Penyusunan spesifikasi teknik dapat ditetapkan berdasarkan kajian empirik yang mengacu pada pengalaman praktis ataupun dari hasil pengukuran yang pernah dilakukan sebelumnya.
2. Ketelitian posisi titik yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan mengacu pada spesifikasi teknik yang telah ditetapkan, menghasilkan ketelitian posisi horisontal di bawah 2 cm dan ketelitian posisi vertikalnya di bawah 4 cm.
3. Ketelitian posisi titik yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan mengacu pada spesifikasi yang telah ditetapkan lebih baik dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya.
4. Penetapan spesifikasi ini dapat direkomendasi untuk digunakan pada survei GPS untuk jaring dengan klasifikasi *baseline* pendek.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih sebesar-besarnya disampaikan kepada Laboratorium Survei Pemetaan Jurusan Teknik Geodesi Itenas, atas kontribusinya dalam peminjaman alat ukur GPS Geodetik yang digunakan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z., (1995). *Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya*, P.T. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Abidin, H.Z., (2001). *Geodesi Satelit*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Abidin, H.Z., Jones, A., Kahar, J., (2002). *Survei Dengan GPS*, PT. Pradnya Pramita, Jakarta.
- Bakosurtanal (Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional). (2002). *SNI 19-6724-2002: Jaring Kontrol Horizontal*, Badan Standardisasi Nasional (BSN), Jakarta.
- Mikhail, E. M., (1976). *Observations and Least Squares*. IEP- A Dun-Donnelley Publitzer, New York.
- Moran, F., (2013). *Optimalisasi Pengaturan Interval Perekaman Data dan Lamanya Pengamatan Pada Survei GPS*, Skripsi Jurusan Teknik Geodesi Itenas, Bandung.
- Rahman, P.I., (2013). *Hubungan Pengaturan Sudut Elevasi dan Lama Waktu Pengamatan Terhadap Jumlah Satelit Dikaitkan Dengan Ketelitian Posisi Pada Survei GPS*, Skripsi Jurusan Teknik Geodesi Itenas, Bandung.
- Rahman, R.R., (2012). *Pengaruh Waktu Pengamatan Terhadap Ketelitian Posisi Dalam Survei GPS*, Skripsi Jurusan Teknik Geodesi Itenas, Bandung.
- Sodikin, Y., (2012). *Pengaruh Interferensi Elektris Terhadap Ketelitian Posisi Dalam Survei GPS*, Skripsi Jurusan Teknik Geodesi Itenas, Bandung.
- Utama, T.F., (2012). *Analisis Pengaruh Koneksitas Jaring Terhadap Ketelitian Posisi Pada Survei GPS*, Skripsi Jurusan Teknik Geodesi Itenas, Bandung.
- Wells, D.E., N. Beck, D. Delikaraoglou, A. Kleusberg, E.J. Krakiwsky, G. Lachapelle, R.B. Langley, M. Nakiboglu, K.P. Schwarz, J.M. Tranquilla, P. Vanicek., (1986). *Guide to GPS Positioning*. Canadian GPS Associates, Fredericton, N.B., Canada.
- Yuhanafia, N., (2013). *Pengaruh Penambahan Jumlah Titik Ikat Terhadap Peningkatan Ketelitian Posisi Titik-titik Pada Survei GPS*, Skripsi Jurusan Teknik Geodesi Itenas, Bandung.