

Aplikasi Survei GPS dengan Metode Statik Singkat dalam Penentuan Koordinat Titik-Titik Kerangka Dasar Pemetaan Skala Besar

BAMBANG RUDIANTO, RENDY FAISAL AZWAR

Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: rudianto@itenas.ac.id

ABSTRAK

Keberadaan kerangka dasar pemetaan sebagai titik-titik acuan dalam penentuan posisi titik-titik detail di lapangan sangat diperlukan. Penelitian ini merupakan kajian empirik aplikasi survei GPS dengan metode statik singkat dalam penentuan koordinat titik-titik kerangka dasar pada pemetaan skala besar. Penelitian ini dilakukan pada daerah dengan kondisi ruang pandang ke langit bervariasi relatif terbuka dan tertutup, pengamatan dilakukan menggunakan receiver GPS satu frekuensi dengan geometri berbentuk poligon. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penentuan posisi menggunakan GPS dengan metode statik singkat dapat digunakan untuk pemetaan skala 1 : 250 dengan waktu pengamatan setiap titik 30 menit, 1 : 500 dengan waktu pengamatan 20 menit, 1 : 750 dengan waktu pengamatan setiap titik 15 menit.

Kata kunci: kerangka dasar pemetaan, survei GPS, statik singkat

ABSTRACT

The existence of a fundamental framework for mapping a large scale as reference points in determining the position of an object is needed. This research is an empirical study of the application of GPS survey with a rapid static method in determining the coordinates of points on the fundamental framework for mapping a large scale. This research was conducted in an area with good visibility and bad visibility, observations were made using a single frequency GPS receiver, observation geometry is a polygon. Based on the research that has been done can be concluded that the use of GPS positioning with a rapid static method can be used for mapping the scale of 1: 250, 1: 500, and 1: 750 with a length of observation time each 30 minute, 20 minute, and 15 minutes.

Keywords: fundamental framework for mapping, GPS surveys, rapid static

1. PENDAHULUAN

Dalam kegiatan pemetaan situasi, Kerangka Dasar Pemetaan (KDP) berfungsi sebagai titik-titik acuan dalam penentuan posisi titik-titik detail di lapangan. Penentuan koordinat titik-titik KDP dalam pemetaan skala besar secara terestrial umumnya ditentukan dengan menggunakan metode poligon.

Perkembangan teknologi di bidang pemetaan menunjukkan bahwa penggunaan teknologi penentuan posisi secara ekstra-terestrial, khususnya *Global Positioning System* (GPS) semakin banyak digunakan. Demikian juga dengan pekerjaan pemetaan skala besar, penggunaan GPS *real time kinematik* (RTK) telah banyak digunakan. Namun di sisi lain, faktor segi pembiayaan dan tutupan ruang pandang ke langit (*sky visibility*) masih menjadi kendala. Salah satu upaya untuk mengatasinya adalah dengan cara mengintegrasikan metode penentuan posisi menggunakan GPS ke metode terestrial, dimana implementasinya penentuan posisi titik-titik KDP menggunakan GPS, sedangkan pengukuran detailnya dilakukan menggunakan cara terestrial.

Dibandingkan dengan metode terestrial, survei dengan GPS mempunyai keunggulan antara lain: pengoperasian alat lebih mudah dan cepat, hasil ukuran langsung terikat dalam sistem koordinat global, titik-titik dalam jaring GPS dapat tersebar satu sama lain dengan jarak yang relatif jauh, pelaksanaan survei GPS dapat dilakukan siang maupun malam hari, dan dalam segala kondisi cuaca [Abidin, 2007]. Metode statik singkat (*rapid static*) merupakan salah satu metode GPS statik dengan waktu pengamatan lebih singkat, penggunaannya untuk menentukan koordinat titik-titik kontrol yang relatif dekat serta berorde ketelitian yang relatif lebih rendah [Abidin dkk., 2011].

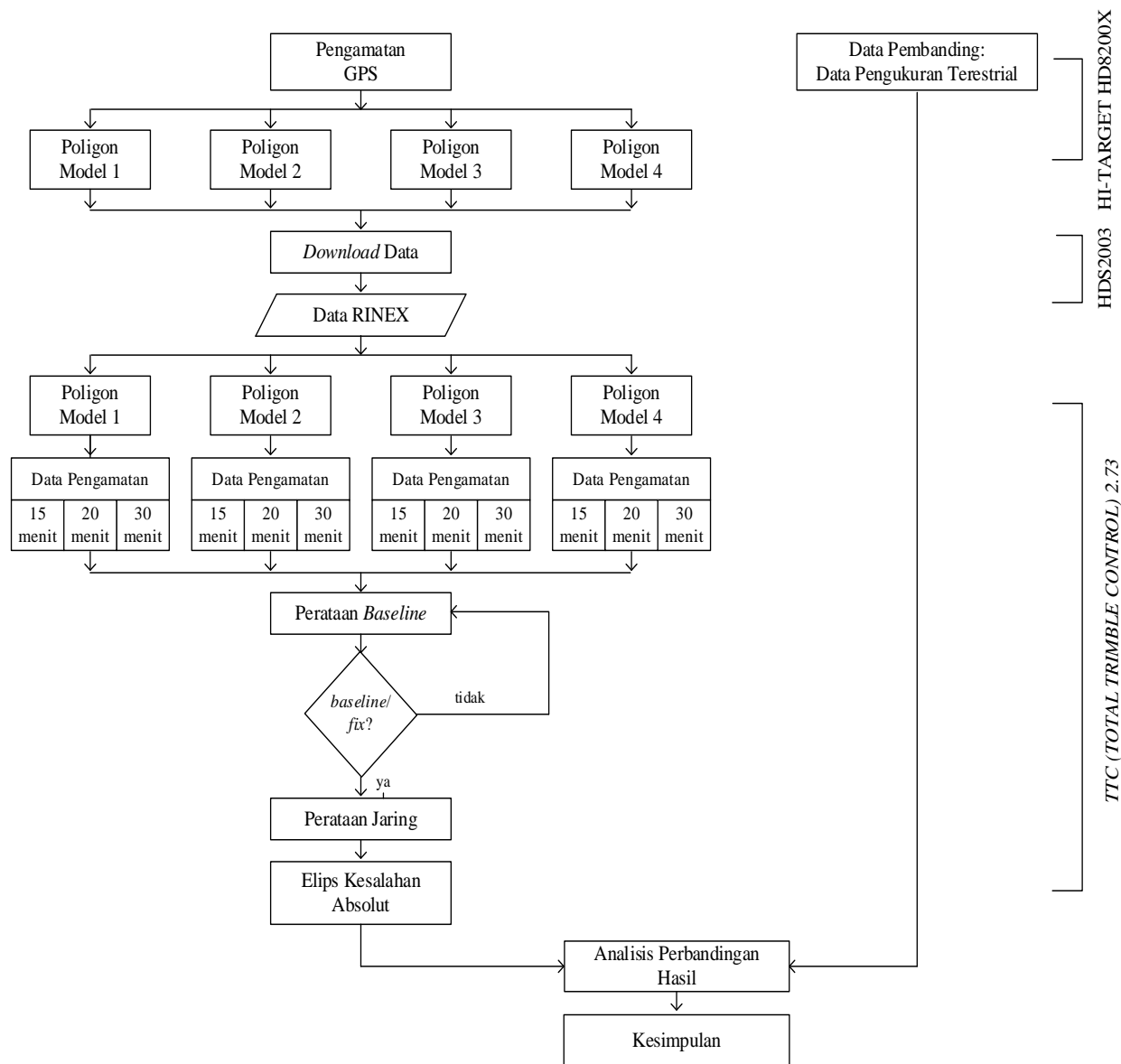
Penelitian ini bertujuan membandingkan ketelitian penentuan posisi menggunakan metode statik singkat terhadap metode terestrial, dengan studi kasus penentuan posisi titik-titik KDP untuk aplikasi pemetaan skala besar. Permasalahan dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

- Posisi titik-titik KDP diukur dengan metode GPS statik singkat menggunakan *receiver* satu frekuensi (L1), dengan lama pengamatan untuk setiap *baseline* diatur setiap 15, 20, dan 30 menit.
- Sebagai data pembanding digunakan koordinat titik-titik yang sama yang telah diukur secara terestrial menggunakan alat *ukur Electronic Total Station* (ETS). Asumsi hasil pengukuran secara terestrial dianggap benar.
- Geometri pengamatan terdiri 4 (empat) model poligon yang didesain sedemikian rupa sehingga mewakili untuk kondisi daerah dengan ruang pandang ke langit relatif terbuka dan tertutup.

2. METODOLOGI PENELITIAN

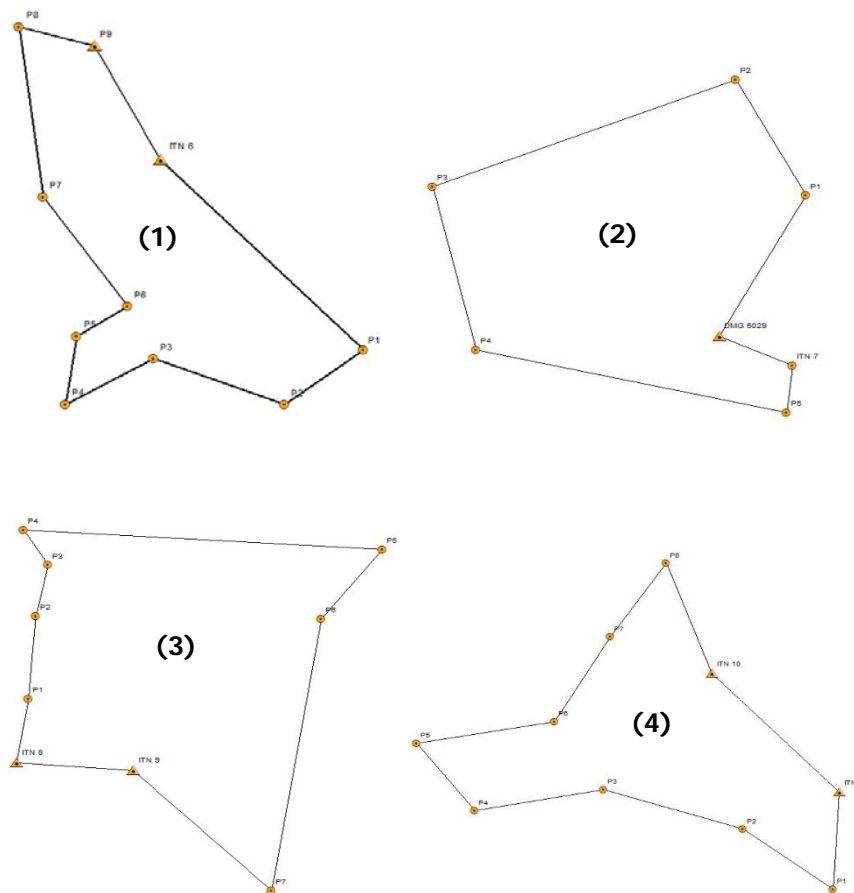
Analisis ketelitian posisi titik didasarkan pada nilai selisih posisi titik-titik KDP hasil survei GPS dengan metode statik singkat dibandingkan terhadap posisi titik yang sama dari data pembanding yang diperoleh dari hasil pengukuran terestrial menggunakan alat ukur ETS. Ketelitian posisi horisontal berdasarkan harga *resultante* jarak yang dihitung dari selisih koordinat planimetrik sebagai berikut: $r = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$, dimana Δx dan Δy masing-masing adalah selisih absis dan ordinat titik hasil pengukuran GPS dan terestrial. Ketelitian posisi vertikal didasarkan pada harga selisih tinggi hasil pengukuran GPS dan terestrial. Hubungan antara ketelitian posisi terhadap skala peta diturunkan dari harga *resultante* rata-rata dengan tingkat kepercayaan diambil 99.7 % atau 3σ , dimana harga σ diambil sama dengan r .

Secara skematik alur metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

Implementasi titik-titik KDP didesain berupa jalur poligon tertutup (*loop*), yang dibedakan menjadi 4 (empat) model hitungan poligon. Adapun sketsa masing-masing model poligon yang diukur diperlihatkan Gambar 2.



Gambar 2. Model Poligon

Penentuan model poligon didasarkan pada kriteria sebagai berikut:

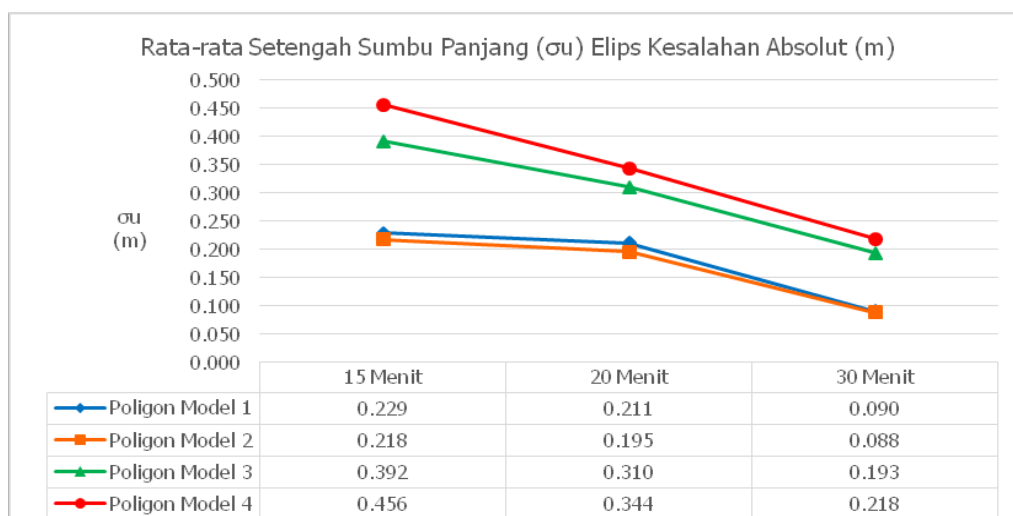
- Poligon (1) dan (2), merepresentasikan titik-titik kerangka dasar pemetaan pada daerah dengan ruang pandang ke langit relatif terbuka.
- Poligon (3) dan (4), merepresentasikan titik-titik kerangka dasar pemetaan pada daerah dengan ruang pandang ke langit relatif tertutup.

3. HASIL DAN ANALISIS

Secara teoritik, semakin lama waktu pengamatan yang dilakukan, maka ketelitian posisi yang dihasilkan akan semakin membaik. Ketelitian posisi horisontal diwakili oleh harga setengah sumbu panjang (σ_u) dari elips kesalahan absolut, sedangkan ketelitian tinggi diwakili oleh harga simpangan baku tinggi (σ_h) yang dihitung dari data pengamatan selama 15, 20, dan 30 menit, seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 1, 2 dan Gambar 3,4.

Tabel 1. Ketelitian Posisi Horisontal Titik

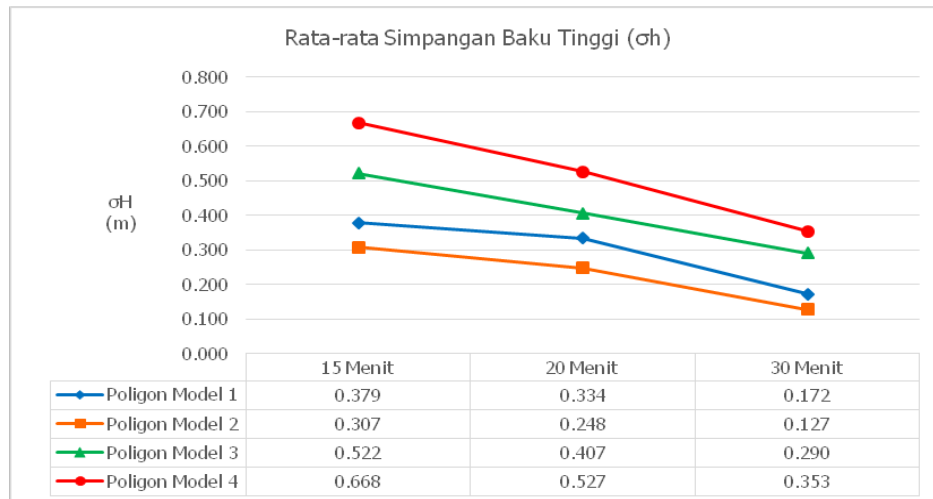
Model Poligon	Setengah Sumbu Panjang (σ) Elips Kesalahan Absolut (dalam meter)								
	15 Menit			20 Menit			30 Menit		
	Rata-rata	Min	Maks	Rata-rata	Min	Maks	Rata-rata	Min	Maks
1	0,229	0,112	0,341	0,211	0,119	0,304	0,090	0,049	0,132
2	0,218	0,151	0,259	0,195	0,159	0,227	0,088	0,074	0,096
3	0,392	0,194	0,623	0,310	0,170	0,567	0,193	0,110	0,296
4	0,456	0,306	0,571	0,344	0,236	0,438	0,218	0,121	0,367
Rata-rata	0,432			0,265			0,147		



Gambar 3. Grafik Rata-rata Elips Kesalahan Absolut

Tabel 2. Ketelitian Tinggi

Model Poligon	Simpangan Baku Tinggi (dalam meter)								
	15 Menit			20 Menit			30 Menit		
	Rata-rata	Min	Maks	Rata-rata	Min	Maks	Rata-rata	Min	Maks
1	0,379	0,145	0,607	0,334	0,150	0,519	0,172	0,070	0,249
2	0,307	0,196	0,395	0,248	0,180	0,284	0,127	0,099	0,141
3	0,522	0,265	0,819	0,407	0,163	0,746	0,290	0,115	0,480
4	0,668	0,461	0,880	0,527	0,373	0,723	0,353	0,115	0,659
Rata-rata	0,469			0,379			0,236		



Gambar 4. Grafik Ketelitian Tinggi Rata-rata

Berdasarkan Tabel 1,2 dan Gambar 3,4 dapat dicermati bahwa harga rata-rata ketelitian posisi horisontal dan vertikal berbanding lurus dengan lamanya waktu pengamatan, artinya semakin lama waktu pengamatan, maka ketelitian posisi yang diberikan akan semakin teliti. Dalam hal ini ketelitian posisi horisontal yang dihasilkan dari data pengamatan selama 30 menit paling teliti dibandingkan dengan data pengamatan yang dilakukan selama 20 menit dan 15 menit. Ketelitian rata-rata posisi horisontal yang dihasilkan dari pengolahan data pengamatan selama 30, 20, dan 15 menit, masing-masing adalah $\pm 14,7$ cm, $\pm 26,5$ cm, dan $\pm 43,2$ cm. Sedangkan ketelitian posisi horisontal yang dihasilkan dari data pengamatan selama 30 menit paling teliti dibandingkan dengan data pengamatan yang dilakukan selama 20 menit dan 15 menit. Ketelitian tinggi yang dihasilkan dari pengolahan data pengamatan selama 30, 20, dan 15 menit, masing-masing adalah $\pm 23,6$ cm, $\pm 37,9$ cm, dan $\pm 46,9$ cm.

Bila ketelitian rata-rata posisi horisontal diasumsikan sama dengan ketelitian *plotting* pada peta (σ_p), dimana ketelitian *plotting* pada peta secara manual umumnya diasumsikan sama dengan setengah kali bilangan skala peta (bs), secara matematis hubungan antara σ_p dan bs dapat ditulis:

$$bs = \frac{\sigma_p}{2} \quad \dots (1)$$

dengan menggunakan persentase tingkat kepercayaan (*precent probable errors*) 99,7 % atau setara dengan $2.965\sigma \approx 3\sigma$ [Wolf dan Ghilani, 1997] , maka persamaan (2) dapat dimodifikasi menjadi:

$$bs = \frac{3\sigma_p}{2} \quad \dots (2)$$

Masukkan :

$\sigma_p^{30'} = 147$; ketelitian rata-rata posisi horisontal (dalam mm) yang dihasilkan dari pengolahan data pengamatan selama 30 menit

$\sigma_p^{20'} = 265$; ketelitian rata-rata posisi horisontal (dalam mm) yang dihasilkan dari pengolahan data pengamatan selama 20 menit

$\sigma_p^{15'} = 432$; ketelitian rata-rata posisi horisontal (dalam mm) yang dihasilkan dari pengolahan data pengamatan selama 15 menit

Dengan memasukkan masing-masing $\sigma_p^{30'}$, $\sigma_p^{20'}$, $\sigma_p^{15'}$ ke persamaan (2), maka hubungan antara ketelitian rata-rata posisi horisontal yang dihasilkan dari pengolahan data pengamatan 30 menit, 20 menit, dan 15 menit dan skala peta dapat disajikan melalui Tabel 3.

Tabel. 3 Hubungan Antara Ketelitian Posisi Horisontal dan Skala Peta

σ_p	$3\sigma_p$	Bilangan Skala Peta (bS)	Skala Peta (dibulatkan)
147	441	220,5	1 : 250
265	795	397,5	1: 500
432	1296	648,0	1 : 750

Berdasarkan Tabel 3, dapat dicermati bahwa penentuan posisi menggunakan survei GPS dengan metode statik singkat dimana pengamatan dilakukan menggunakan *receiver* GPS satu frekuensi dengan lama pengamatan 30 menit dapat digunakan untuk pemetaan 1 : 250, dengan lama pengamatan 20 menit dapat digunakan untuk pemetaan 1 : 500, dan dengan lama pengamatan 15 menit dapat digunakan untuk pemetaan 1 : 750.

Ketelitian rata-rata posisi horisontal dan tinggi yang dihasilkan dari poligon model 1 dan 2 lebih baik dibandingkan dengan poligon model 3 dan 4. Hal tersebut menunjukkan bahwa penentuan posisi menggunakan GPS pada daerah dengan ruang pandang ke langit yang relatif terbuka (diwakili oleh poligon model 1 & 2) memberikan hasil yang lebih teliti dibandingkan pada daerah dengan ruang pandang ke langit yang relatif tertutup (diwakili oleh poligon model 3 & 4). Ketelitian posisi horisontal dan vertikal titik-titik KDP yang diukur pada daerah yang memiliki ruang pandang ke langit relatif terbuka mempunyai tingkat ketelitian 2 kali lebih baik dibandingkan pada daerah yang memiliki ruang pandang ke langit relatif tertutup.

Berikut adalah hitungan harga pergeseran posisi horisontal titik-titik poligon yang dihasilkan dari metode GPS statik singkat terhadap metode terestrial. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus:

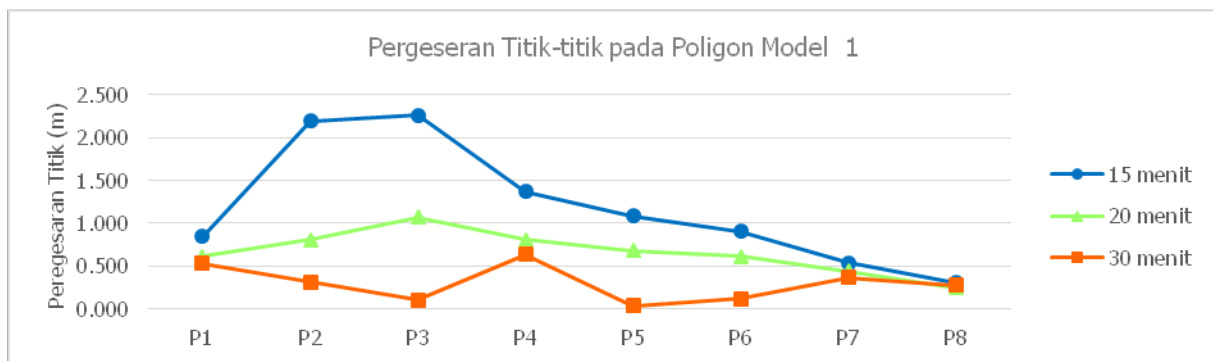
$$r_i = \sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2} \quad \dots (3)$$

dimana:

- r_i = nilai pergeseran posisi horisontal di setiap titik
- Δx = $X_i - x_i$
- Δy = $Y_i - y_i$
- (X_i, Y_i) = koordinat titik hasil pengukuran menggunakan metode GPS statik singkat
- (x_i, y_i) = koordinat titik hasil pengukuran secara terestrial menggunakan alat ukur ETS

Tabel 4. Pergeseran Posisi Horizontal Titik-titik pada Poligon Model 1

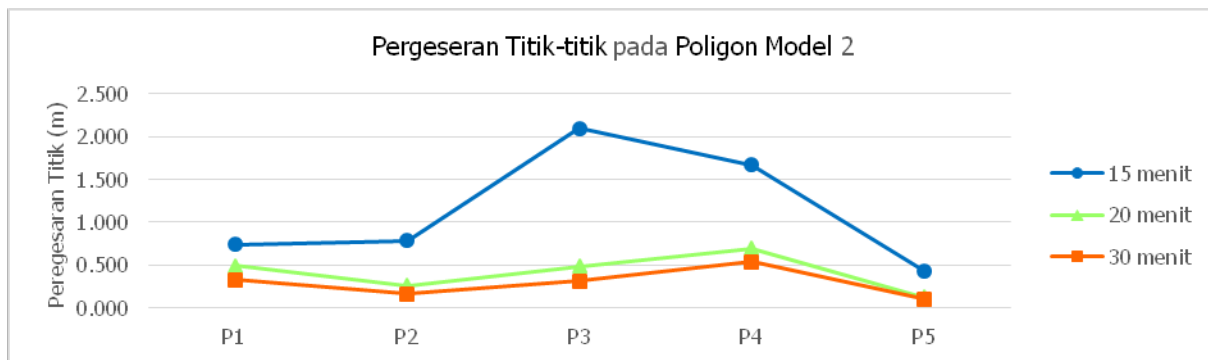
Titik	15 Menit			20 Menit			30 Menit		
	Selisih Posisi		Resultante	Selisih Posisi		Resultante	Selisih Posisi		Resultante
	dx	dy	$r = \sqrt{dx^2+dy^2}$	dx	dy	$r = \sqrt{dx^2+dy^2}$	dx	dy	$r = \sqrt{dx^2+dy^2}$
P9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ITN_6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P1	-0,658	-0,530	0,845	-0,173	-0,587	0,612	-0,109	-0,519	0,530
P2	-2,147	-0,457	2,195	-0,387	-0,710	0,808	0,212	-0,234	0,316
P3	-2,217	-0,435	2,260	-0,884	-0,599	1,068	0,075	-0,078	0,108
P4	-1,130	-0,774	1,370	-0,518	-0,622	0,809	-0,577	-0,268	0,636
P5	-1,083	-0,107	1,088	-0,684	-0,035	0,685	0,023	-0,030	0,038
P6	-0,888	-0,190	0,908	-0,608	-0,088	0,614	0,109	-0,056	0,123
P7	-0,539	-0,050	0,541	-0,432	-0,090	0,441	0,368	-0,040	0,371
P8	-0,298	-0,068	0,305	-0,233	-0,081	0,247	-0,261	-0,102	0,280
Σ	-8,960	-2,610	9,512	-3,919	-2,813	5,285	-0,159	-1,328	2,402
Rata -rata	-1,120	-0,326	1,189	-0,490	-0,352	0,661	-0,020	-0,166	0,300
Nilai Minimum	-0,018	-0,017	0,305	0,087	0,009	0,247	-0,133	-0,058	0,038
Nilai Maksimum	0,771	-0,465	2,260	-0,854	-0,194	1,068	1,090	-0,552	0,636



Gambar 5. Grafik Pergeseran Posisi Horizontal Titik-titik pada Poligon Model 1

Tabel 5. Pergeseran Posisi Horizontal Titik-titik pada Poligon Model 2

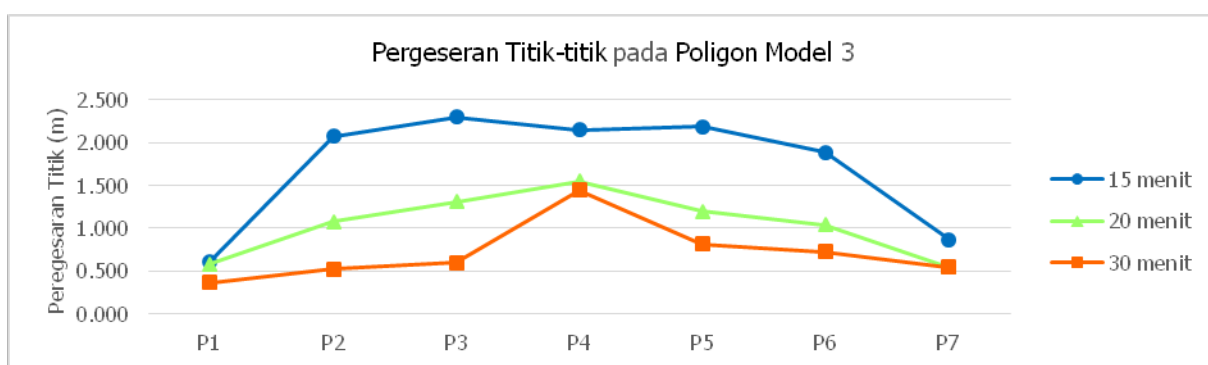
Titik	15 Menit			20 Menit			30 Menit		
	Selisih Posisi		Resultante	Selisih Posisi		Resultante	Selisih Posisi		Resultante
	dx	dy	$r = \sqrt{dx^2+dy^2}$	dx	dy	$r = \sqrt{dx^2+dy^2}$	dx	dy	$r = \sqrt{dx^2+dy^2}$
DG_5029	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ITN_7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P1	-0,617	0,412	0,742	-0,474	-0,146	0,497	-0,234	-0,235	0,332
P2	-0,723	0,311	0,787	-0,025	0,258	0,259	-0,123	0,108	0,164
P3	-2,078	0,298	2,099	-0,150	0,467	0,491	-0,166	0,267	0,314
P4	-1,661	0,150	1,668	-0,651	0,238	0,693	-0,429	0,328	0,540
P5	-0,431	-0,012	0,432	0,040	-0,125	0,131	-0,102	0,002	0,102
Σ	-5,510	1,159	5,727	-1,261	0,692	2,071	-1,054	0,469	1,452
Rata -rata	-1,102	0,232	1,145	-0,252	0,138	0,414	-0,211	0,094	0,290
Nilai Minimum	-0,050	-0,010	0,432	-0,053	-0,008	0,131	0,008	-0,014	0,102
Nilai Maksimum	-1,399	0,556	2,099	-1,399	0,560	0,693	-0,813	0,521	0,540



Gambar 6. Grafik Pergeseran Posisi Horizontal Titik-titik pada Poligon Model 2

Tabel 6. Pergeseran Posisi Horizontal Titik-titik pada Poligon Model 3

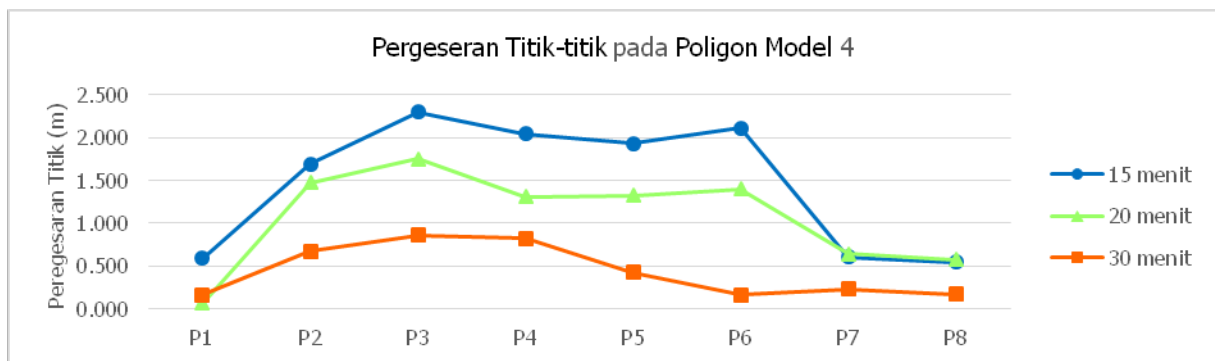
Titik	15 Menit			20 Menit			30 Menit		
	Selisih Posisi		Resultante	Selisih Posisi		Resultante	Selisih Posisi		Resultante
	dx	dy	$r = \sqrt{dx^2+dy^2}$	dx	dy	$r = \sqrt{dx^2+dy^2}$	dx	dy	$r = \sqrt{dx^2+dy^2}$
ITN_8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ITN_9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P1	0,526	-0,312	0,611	0,468	-0,349	0,584	-0,264	-0,258	0,369
P2	-1,977	-0,633	2,076	-0,822	-0,701	1,080	-0,454	-0,265	0,526
P3	-2,194	-0,682	2,298	-1,071	-0,760	1,313	-0,561	-0,204	0,597
P4	-1,670	-1,351	2,148	-0,710	-1,382	1,553	-1,255	-0,714	1,444
P5	-2,084	0,669	2,189	-1,116	0,445	1,201	-0,156	0,800	0,815
P6	-1,836	0,425	1,884	-1,034	0,122	1,041	-0,065	0,722	0,725
P7	0,822	0,285	0,870	0,448	0,316	0,548	0,442	0,318	0,545
Σ	-8,413	-1,600	12,076	-3,836	-2,309	7,320	-2,314	0,398	5,021
Rata-rata	-1,202	-0,229	1,725	-0,548	-0,330	1,046	-0,331	0,057	0,717
Nilai Minimum	0,362	0,284	0,611	0,451	0,264	0,548	0,300	0,309	0,369
Nilai Maksimum	-2,482	0,710	2,298	-2,535	-0,856	1,553	-0,923	0,494	1,444



Gambar 7. Grafik Pergeseran Posisi Horizontal Titik-titik pada Poligon Model 3

Tabel 7. Pergeseran Posisi Horizontal Titik-titik pada Poligon Model 4

Titik	15 Menit			20 Menit			30 Menit		
	Selisih Posisi		Resultante	Selisih Posisi		Resultante	Selisih Posisi		Resultante
	dx	dy	$r = \sqrt{dx^2+dy^2}$	dx	dy	$r = \sqrt{dx^2+dy^2}$	dx	dy	$r = \sqrt{dx^2+dy^2}$
ITN_10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ITN_11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P1	0,518	-0,287	0,592	0,061	-0,025	0,066	0,030	0,159	0,162
P2	1,688	-0,142	1,694	1,444	-0,301	1,475	0,673	-0,022	0,674
P3	2,266	-0,402	2,302	1,692	-0,451	1,751	0,860	-0,033	0,861
P4	2,039	0,130	2,044	1,313	-0,024	1,313	0,497	-0,656	0,823
P5	1,921	0,202	1,932	1,325	0,032	1,326	0,232	-0,361	0,429
P6	2,113	-0,090	2,115	1,399	-0,027	1,399	-0,043	0,156	0,162
P7	0,596	-0,127	0,610	0,641	-0,061	0,644	0,218	-0,077	0,231
P8	0,520	-0,169	0,547	0,564	-0,103	0,573	0,138	-0,109	0,176
Σ	11,663	-0,885	11,835	8,439	-0,961	8,547	2,605	-0,942	3,517
Rata -rata	1,166	-0,089	1,479	0,844	-0,096	1,068	0,260	-0,094	0,440
Nilai Minimum	0,025	0,052	0,547	-0,021	0,050	0,066	-0,011	0,051	0,162
Nilai Maksimum	0,818	-0,662	2,302	2,184	-0,871	1,751	1,740	-0,750	0,861



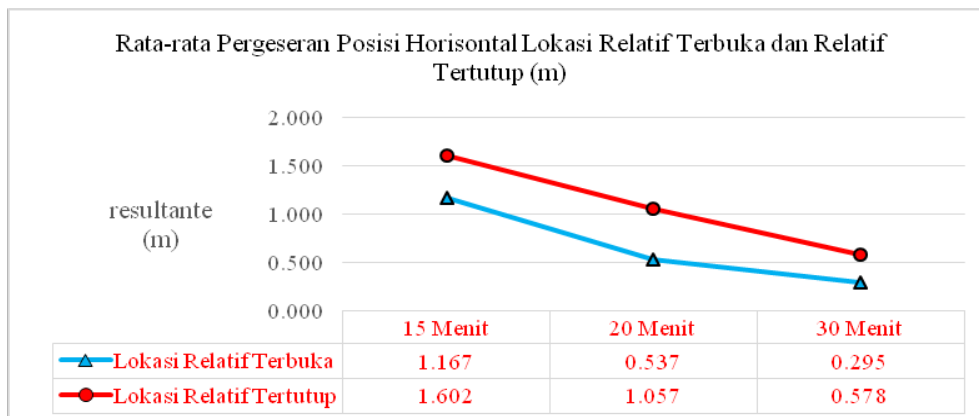
Gambar 8. Grafik Pergeseran Posisi Horizontal Titik-titik pada Poligon Model 4

Tabel 8. Rekapitulasi Nilai Pergeseran Posisi Horizontal Titik-titik

POLIGON	Pergeseran Titik (r) dalam meter			
	Waktu Pengamatan			Rata-rata
	15	20	30	
model 1	1,189	0,661	0,300	0,717
model 2	1,145	0,414	0,290	0,616
model 3	1,725	1,046	0,717	1,163
model 4	1,479	1,068	0,440	0,996
rata-rata	1,385	0,797	0,437	0,873

Berdasarkan nilai pergeseran posisi horisontal yang disajikan melalui Tabel 3 s/d Tabel 7 dan grafik pergeseran yang divisualisasikan melalui Gambar 5 sampai dengan Gambar 8, dapat dianalisis bahwa:

- Nilai pergeseran rata-rata posisi horisontal titik-titik yang berada pada lokasi dengan ruang pandang ke langit relatif terbuka (poligon model 1 & 2) memberikan hasil yang lebih teliti dibandingkan dengan titik-titik yang berada pada lokasi dengan ruang pandang relatif tertutup.



Gambar 9. Grafik Pergeseran Titik Berdasarkan Ruang Pandang ke Langit

- Nilai pergeseran rata-rata posisi horisontal titik-titik yang berada pada lokasi dengan ruang pandang ke langit relatif terbuka yaitu: $\pm 66,7$ cm
- Nilai pergeseran rata-rata posisi horisontal titik-titik yang berada pada lokasi dengan ruang pandang ke langit relatif tertutup yaitu: $\pm 1,619$ meter.
- Pergeseran rata-rata posisi titik-titik yang berada pada lokasi dengan ruang pandang ke langit relatif terbuka mempunyai harga $\pm 1,6$ kali lebih baik dibandingkan dengan yang berada pada lokasi dengan ruang pandang ke langit relatif tertutup.
- Secara menyeluruh, nilai pergeseran rata-rata posisi horisontal titik-titik yang dihasilkan dari data hasil pengamatan selama 30 menit memberikan hasil yang paling baik, dibandingkan dengan data pengamatan 20 menit dan 15 menit, yaitu masing-masing sebesar $\pm 43,7$ cm, $\pm 79,7$ cm, dan 1,385 meter. Atau Nilai pergeseran rata-rata posisi horisontal titik-titik yang dihasilkan dari data hasil pengamatan selama 30 menit adalah 2 kali lebih baik dibandingkan dengan data pengamatan 20 menit, atau 3 kali lebih baik dibandingkan dengan data pengamatan 15 menit.
- Bila nilai pergeseran dalam hal ini diartikan sebagai pergeseran posisi horisontal hasil penentuan posisi menggunakan GPS metode statik singkat terhadap metode terestrial, maka secara umum dapat dikatakan bahwa perbedaan penentuan posisi menggunakan GPS metode statik singkat adalah sebesar $\pm 0,873$ meter atau $\pm 87,3$ cm.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Ketelitian rata-rata posisi horisontal hasil pengukuran GPS metode statik singkat dengan waktu pengamatan masing-masing 15 menit, 20 menit, dan 30 menit adalah $\pm 43,2$ cm, $\pm 26,5$ cm, dan $\pm 14,7$ cm. Sedangkan ketelitian rata-rata posisi vertikal adalah $\pm 46,9$ cm, $\pm 37,9$ cm, dan $\pm 23,6$ cm.
2. Penentuan posisi menggunakan GPS pada daerah dengan ruang pandang ke langit yang relatif terbuka memberikan hasil yang lebih teliti dibandingkan pada daerah dengan ruang pandang ke langit yang relatif tertutup. Ketelitian posisi horisontal dan vertikal titik-titik pada daerah yang memiliki ruang pandang ke langit relatif terbuka mempunyai tingkat

ketelitian 2 kali lebih baik dibandingkan pada daerah yang memiliki ruang pandang ke langit relatif tertutup.

3. Penentuan posisi menggunakan survei GPS dengan metode statik singkat dimana pengamatan dilakukan menggunakan *receiver* GPS satu frekuensi dengan lama pengamatan 30 menit dapat digunakan untuk pemetaan 1 : 250, lama pengamatan 20 menit dapat digunakan untuk pemetaan 1 : 500, dan lama pengamatan 15 menit dapat digunakan untuk pemetaan 1 : 750.
4. Perbedaan penentuan posisi menggunakan GPS metode statik singkat terhadap metode terestrial adalah sebesar $\pm 87,3$ cm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Survei Pemetaan Jurusan Teknik Geodesi Itenas, atas bantuannya dalam hal peminjaman peralatan ukur yang dipergunakan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z. (2007). *Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya*. PT. Pradnya Pramita, Jakarta.
- Abidin, H.Z., Jones, A., Kahar, J. (2011). *Survei Dengan GPS*. PT. Pradnya Pramita, Jakarta.
- Wolf, P.R. dan Ghilani, C.D. (1997). *Adjustment Computations: Statistics and Least Square in Surveying and GIS*. John Willey & Sons, Inc., New York