

ANALISIS GEOMETRI JARING PADA PENGUKURAN GPS UNTUK PENGADAAN TITIK KONTROL ORDE-2

Fuad Hari Aditya, Bambang Darmo Yuwono, Bandi Sasmito^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang Semarang Telp.(024) 76480785, 76480788
E-mail : geodesi@undip.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini mengenai pengaruh geometri jaring dalam pengukuran GPS untuk pengadaan titik kontrol orde-2. Titik-titik lokasi pengamatan tersebar di berbagai lokasi di Kota Semarang.

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan pengamatan menggunakan GPS dual-frekuensi pada 7 titik kontrol. Pengolahan data menggunakan *Software Geogenius* dan *Adjust* serta *GAMIT* sebagai pembandingan koordinat titik pengamatan. Faktor geometri jaringan ditentukan oleh beberapa parameter, yaitu konfigurasi jaringan-jaringan, jumlah *baseline* dalam satu *loop*, konektivitas titik (jumlah *baseline* yang terikat satu titik).

Dari hasil uji ketelitian desain 1 dan 4 didapatkan perbandingan ketelitian parameter posisi horizontal sebesar $F_x = 0.01142 < 1.3469 < 3.49$, $F_y = 0.11442 < 2.6037 < 3.49$ dan keduanya masuk selang kepercayaan 95% sehingga tidak memiliki perbedaan ketelitian. Pada uji ketelitian desain 1 dan 7 didapatkan perbandingan ketelitian posisi horizontal sebesar $F_x = 0.01157 < 0.5238 < 3.01$, $F_y = 0.11574 < 1.4599 < 3.01$ dan keduanya masuk selang kepercayaan 95% sehingga tidak memiliki perbedaan ketelitian. Akan tetapi pada uji ketelitian desain 4 dan 7 didapatkan perbandingan ketelitian posisi horizontal sebesar $F_x = 0.39841 < 0.3889 < 2.15$, $F_y = 0.5607 > 0.139841 < 2.15$ dan keduanya tidak masuk selang kepercayaan 95% sehingga memiliki perbedaan ketelitian. Dan untuk uji statistik parameter posisi vertikal desain 1, 4 dan 7 didapatkan nilai sebesar $0.01142 < 1.1540 < 3.49$, $0.01142 < 1.1540 < 3.49$ dan $0.01142 < 0.4686 < 3.49$ sehingga ketiganya masuk dalam selang kepercayaan 95% dan tidak memiliki perbedaan ketelitian posisi vertikal.

Kata Kunci : GPS, Desain Konfigurasi Jaringan, Uji Ketelitian

ABSTRACT

This research related the influence of geometry of GPS measurements in the networks for the procurement of control points of orde-2. Location of observation points are spread out in various locations in Semarang.

The research method was used with observations using dual-frequency GPS at 7 control points. Data processing using Software Geogenius and Adjust and as a comparison coordinates of the observation point it using GAMIT. Network geometry faktor was determined by several parameters namely the configuration of networks, number of baseline within one loop, connectivity point (total amount of baseline that tied one point).

The analysis was carried out based on a test of accuracy based on the design of the network. From the results of the test of precision design 1 and 4 was obtained by a comparison parameters of the horizontal position accuracy around $F_x = 0.01142 < 1.3469 < 3.49$, $F_y = 0.11442 < 2.6037 < 3.49$ and both enter 95% confidence interval so that it didn't have the difference in accuracy. On the design of precision test 1 and 7 was obtained by comparison parameters of the horizontal position accuracy $F_x = 0.5238 < 0.01157 < 3.01$, $F_y = 1.4599 < 0.11574 < 3.01$ and both are accepted 95% confidence interval so that it didn't have the difference in accuracy. But in a test of precision design 3 and 7 was obtained by a comparison parameters of the horizontal position accuracy $F_x = 0.39841 < 0.3889 < 2.15$, $F_y = 0.139841 > 0.5607 < 2.15$ and both didn't accepted to 95% confidence interval so that differences in accuracy. For the statistical test parameters of design vertical position 1, 4 and 7 obtained the value of $0.01142 < 0.01142 < 3.49$, $1.1540 < 1.1540 < 0.01142 < 0.4686$ and $3.49 < 3.49$ therefore all of geometry designs were accepted in the 95% confidence interval and didn't have the difference in accuracy of position vertical.

Keyword: GPS, Network Configuration Designs, Test Accuracy

^{*)} Penulis, Pananggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Penentuan posisi titik di permukaan bumi dapat dilakukan secara terestris maupun ekstra-terestris. Metode penentuan posisi secara terestris dilakukan berdasarkan pengukuran dan pengamatan di bumi. Sedangkan metode ekstra-terestris, penentuan posisi dilakukan dengan pengukuran atau pengamatan ke objek/benda angkasa, baik yang alamiah (seperti bulan, bintang dan kuasar) maupun buatan manusia seperti satelit. Dalam perkembangan survei ekstra-terestrial, penggunaan survei GPS sering digunakan untuk menentukan titik-titik kontrol geodesi, baik titik kontrol horizontal maupun titik kontrol vertikal, dimana untuk melakukan pengukuran kerangka kontrol ini tidak terlepas dari jaring geodesi. Jaring geodesi juga dapat didefinisikan sebagai bentuk geometri yang terdiri dari tiga atau lebih titik yang dilakukan pengukuran geodesi, dimana pengukuran ini terdiri dari pengukuran jarak horizontal, sudut azimuth, dan lain sebagainya (Kuang, 1996).

Pembuatan desain jaring geodesi pada survei GPS sangat berpengaruh terhadap kegiatan pengukuran dilapangan, misalnya waktu dan biaya yang diperlukan. Selain itu kualitas dari koordinat titik-titik dalam suatu jaringan yang diperoleh dengan survei GPS secara umum akan tergantung pada kualitas jaring atau geometri jaringan yang digunakan. Desain geometri jaringan ini berguna untuk merencanakan tingkat ketelitian yang diperoleh sebelum kegiatan pengukuran dilakukan, selain itu desain geometri jaringan yang berkualitas juga dapat mengeliminasi kesalahan (Abidin, H.Z, 2007)

Dalam tugas akhir ini akan dibahas mengenai pengaruh geometri jaringan terhadap ketelitian untuk pengadaan titik kontrol orde 2. Faktor geometri jaringan sendiri akan ditentukan oleh beberapa parameter, dalam hal ini parameter dari geometri jaringan yang akan ditinjau pengaruhnya terhadap data yang dihasilkan adalah :

1. Konfigurasi jaringan.
2. Jumlah *baseline* dalam satu loop.
3. Konektivitas titik (jumlah *baseline* yang terikat ke suatu titik).

I.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh perbedaan geometri jaring pada data yang dihasilkan ?
2. Seberapa besarkah ketelitian data hasil pengukuran GPS yang digunakan untuk pengadaan titik kontrol orde 2 ?
3. Geometri jaring manakah yang sesuai untuk pekerjaan survei pengadaan titik kontrol orde-2 ?

I.3 Batasan Masalah

Untuk menjelaskan permasalahan yang akan dibahas dan agar tidak terlalu jauh dari kajian masalah, maka penelitian ini akan dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Daerah penelitian adalah beberapa titik kontrol horizontal yang tersebar di berbagai wilayah di Kota Semarang yaitu TTG47, K371 (Bandara Ahmad Yani), PRPP, KOP8 (Stasiun Poncol), CTRM (Citarum), SMK3 (SMK 3 Semarang), SP05 (Simpang Lima), N259 (Tugu Muda)
2. Pengumpulan data titik kontrol horisontal dengan melakukan pengukuran *GPS Dual Frekuensi* secara statik.
3. Penelitian mengacu pada geometri jaringan dengan spesifikasi jumlah *baseline* dalam satu loop dan konektivitas titik (jumlah *baseline* yang terikat ke suatu titik).
4. Data yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data hasil pengukuran GPS dengan format RINEX.

I.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun tujuan Penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini, adalah:

1. Maksud dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh geometri jaringan terhadap ketelitian data yang digunakan untuk pengadaan titik kontrol orde 2.
2. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui desain geometri jaring yang paling baik dari beberapa bentuk desain geometri jaring dalam pengukuran GPS.

I.5 Lokasi Penelitian

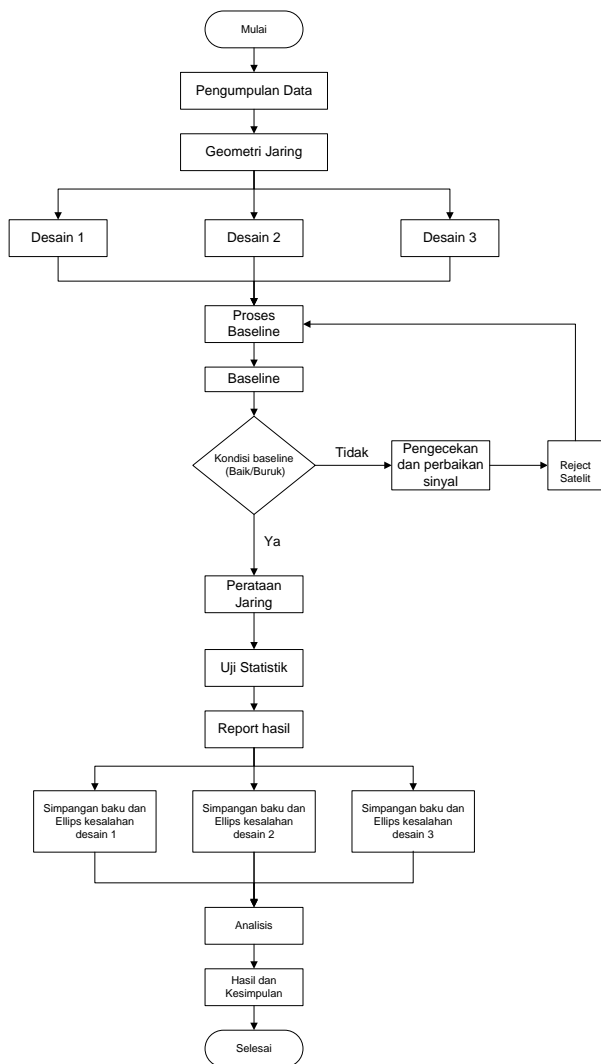
Lokasi penelitian berada di Kota Semarang dengan sebaran titik sebagai berikut :

1. TTG47
2. Bandara A.Yani
3. Stasiun Poncol
4. PRPP
5. Citarum
6. SMK 3 Semarang
7. Simpang Lima
8. Tugu Muda.

II. Metodologi Penelitian

II.1 Pelaksanaan

Untuk diagram alir penelitian yang menunjukkan alur pelaksanaan penelitian dari awal hingga menghasilkan data, dapat dilihat pada gambar II.1



Gambar II.1. Diagram Alir Penelitian

II.2 Penyusunan Geometri Jaringan

Pada penelitian ini diawali dengan penyusunan desain geometri jaringan sebanyak 7 buah yang kemudian dihitung nilai faktor kekuatan jaringnya. Kekuatan geometri jaringan GPS akan sangat bergantung pada karakteristik yang diadopsi dari parameter-parameter tersebut. Untuk jumlah titik dalam jaringan yang sama, beberapa bentuk konfigurasi jaringan dapat dibuat tergantung pada karakteristik parameter geometri jaringan yang digunakan. Ada beberapa parameter dan karakteristik yang dapat digunakan untuk menentukan konfigurasi jaringan yang paling baik. Salah satunya didasarkan pada persamaan

$$C_x = \sigma_0^2 \cdot (A^T P_L A)^{-1} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana σ_0^2 adalah faktor variansi aposteriori yang dihitung sebagai berikut

$$\sigma_0^2 = \frac{v^T P v}{n - u} \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana:

n = jumlah pengamatan

u = jumlah parameter

Persamaan diatas menggambarkan tingkat ketelitian titik-titik dalam jaringan. Dengan mengasumsikan faktor variansi aposteriori sama dengan satu serta ketelitian vektor *baseline* dan koordinat yang homogen dan independen dalam jaringan dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$SoF = [Tracee (A^T A)^{-1}] / u \dots\dots\dots(2.3)$$

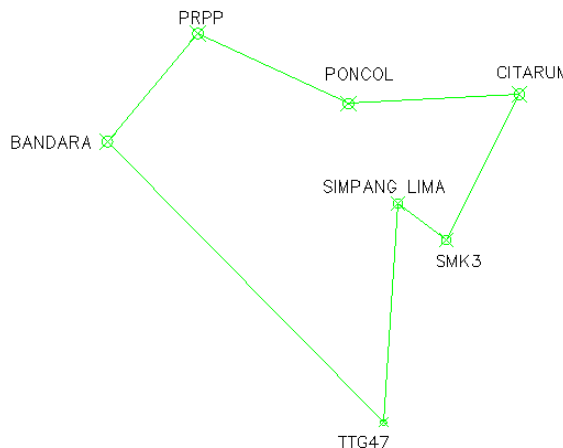
dimana :

SoF = faktor kekuatan jaringan

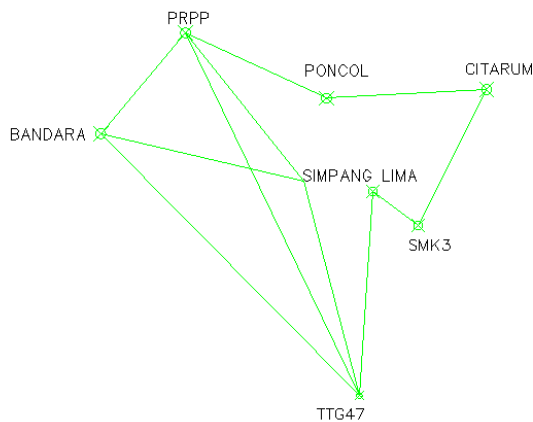
u = jumlah parameter.

Semakin kecil bilangan faktor kekuatan jaringan tersebut diatas, maka akan semakin baik pula konfigurasi jaringan dan sebaliknya (Abidin, H.Z, 2002).

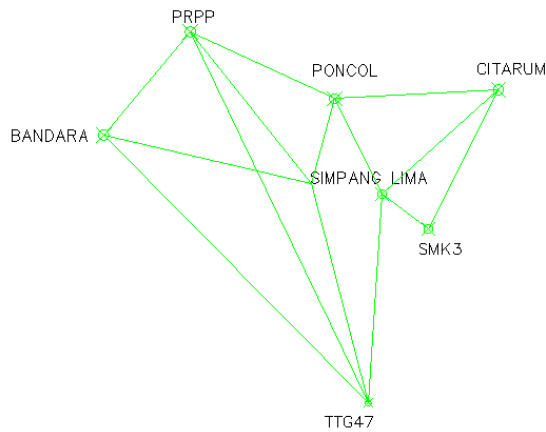
Dari hasil perhitungan dipilih 3 desain jaringan yang mewakili nilai faktor kekuatan jaring lemah (desain 1), sedang (desain 4) dan kuat (desain 7).



Gambar II.2 Desain 1



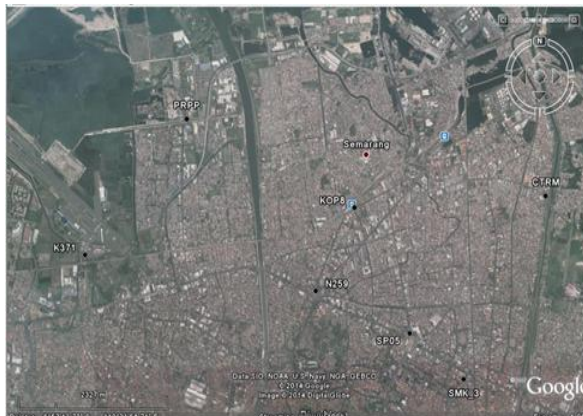
Gambar II.3 Desain 4



Gambar II.4 Desain 7

II.3 Pengambilan Data

Dalam penelitian ini, pengambilan data dilakukan dengan pengamatan GPS statik di beberapa lokasi yaitu di K371 (Bandara), PRPP, KOP8 (Stasiun Poncol), Citarum, SMK3, SP05 (Simpang Lima) dan N259 (Tugu Muda). Berikut adalah gambaran lokasi penelitian



II.4 Pengolahan Data GPS

Pada penelitian ini pengolahan data yang dilakukan adalah dengan metode *post-processing* hasil pengamatan GPS serta menggunakan *software Geogenius, Adjust dan GAMIT* untuk validasi koordinatnya.

Hasil dari pengolahan data pengamatan GPS harus memenuhi syarat ataupun kriteria yang ditetapkan untuk pengadaan titik kontrol horizontal orde-2 yaitu :

Kelas suatu jaring titik kontrol horizontal ditentukan berdasarkan panjang sumbu-panjang (*semi-major axis*) dari setiap ellips kesalahan relatif (antar titik) dengan tingkat kepercayaan (*confidence level*) 95% yang dihitung berdasarkan statistik yang diberikan oleh hasil hitung perataan jaringan kuadrat terkecil terkendala minimal (*minimal constrained*).

Dalam hal ini panjang maksimum dari sumbu-panjang ellips kesalahan relatif 95% yang digunakan untuk menentukan kelas jaringan adalah :(SNI, 2002).

$$r = c (d + 0.2) \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan pengertian :

r = panjang maksimum dari sumbu-panjang yang diperbolehkan, dalam mm;

c = faktor empirik yang menggambarkan tingkat presisi survei;

d = jarak antar titik , dalam km.

Berdasarkan nilai faktor c tersebut, kategorisasi kelas jaring titik kontrol horizontal yang diusulkan diberikan pada Tabel II.2 berikut.

Tabel II. 1 Kelas (pengukuran) jaring titik kontrol horizontal (SNI, 2002).

Kelas	C (ppm)	Aplikasi Tipikal
3A	0.01	Jaring tetap (kontinu) GPS
2A	0.1	Survei geodetik berskala nasional
A	1	Survei geodetik berskala regional
B	10	Survei geodetik berskala local
C	30	Survei geodetik untuk perapatan
D	50	Survei pemetaan

III. Hasil Dan Pembahasan

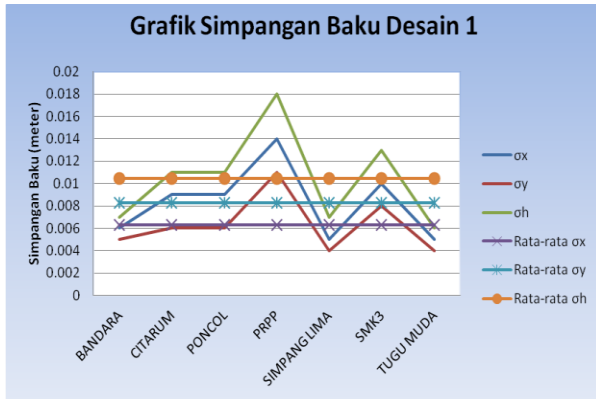
III.1 Hasil Perhitungan Desain 1

Hasil perhitungan desain jaring 1 diperoleh dari hasil pengolahan data pengukuran dengan konektivitas 2 dan jumlah *baseline* 7. Hasil perhitungan posisi desain jaring 1 dapat dilihat pada tabel III.1 dan gambar III.1, parameter ellips kesalahan absolut dan relatif dapat dilihat pada Tabel III.2 dan III.3

Tabel III. 1 Hasil perhitungan posisi dan simpangan baku titik desain 1

No	Nama Titik	Koordinat			Simpangan Baku (meter)		
		Lintang	Bujur	Tinggi (m)	σ_y	σ_x	σ_{Hz}
1	BANDARA	6°58'4,311"S	110°22'36,366"E	29,643	± 0,005	± 0,006	± 0,007
2	CITARUM	6°57'43,978"S	110°23'28,291"E	28,261	± 0,006	± 0,009	± 0,011
3	PONCOL	6°58'23,950"S	110°24'54,086"E	27,959	± 0,006	± 0,009	± 0,011
4	PRPP	6°59'20,764"S	110°25'22,249"E	30,978	± 0,011	± 0,014	± 0,018
5	SIMPANG LIMA	6°58'18,684"S	110°26'31,689"E	28,000	± 0,004	± 0,005	± 0,007
6	SMK3	6°59'41,465"S	110°25'49,813"E	30,743	± 0,008	± 0,01	± 0,013
7	TTG47	7°01'25,134"S	110°25'13,883"E	132,37	0	0	0
8	TUGU MUDA	6°58'4,311"S	110°22'36,366"E	31,012	± 0,004	± 0,005	± 0,006
Rata-Rata					± 0,00629	± 0,00829	± 0,01043

Berikut adalah hasil gambaran grafik simpangan baku dari semua titik pada desain jaring 1.



Gambar III. 1 Grafik simpangan baku desain 1

Tabel III. 2 Hasil perhitungan tabel parameter ellips kesalahan absolut desain 1

No	Nama Titik	Koordinat		Tinggi (m)	Ellips Error	
		Lintang	Bujur		a (cm)	b (cm)
1	BANDARA	6°58'4.311"S	110°22'36.366"E	29.643	9.9072	7.6454
2	PRPP	6°57'43.978"S	110°23'28.291"E	28.261	12.8481	10.052
3	PONCOL	6°58'23.950"S	110°24'54.086"E	27.959	13.0608	10.257
4	SIMPANG LIMA	6°59'20.764"S	110°25'22.249"E	30.978	13.432	10.617
5	CITARUM	6°58'18.684"S	110°26'31.689"E	28	9.9072	8.2242
6	SMK3	6°59'41.465"S	110°25'49.813"E	30.743	12.585	10.16
7	TTG47	7°01'25.134"S	110°25'13.883"E	132.37	9.9072	7.6454
RATA-RATA					11.9567	9.4927

a = Sumbu panjang ellips kesalahan
b = Sumbu pendek ellips kesalahan

Tabel III. 3 Hasil perbandingan nilai parameter ellips kesalahan relatif dan nilai maksimal sumbu panjang yang ditentukan pada orde-2

No	Baseline		a (mm)	b (mm)	r = c* (d +0.2) (mm)	Keterangan
	From	To				
1	TTG	BANDARA	193,630	96,480	26,679	Ditolak
2	BANDARA	PRPP	268,000	67,000	70,914	Ditolak
3	PRPP	PONCOL	6,030	2,680	31,057	Diterima
4	PONCOL	CITARUM	6,030	24,120	32,003	Diterima
5	CITARUM	SMK3	67,000	113,230	30,494	Ditolak
6	SMK3	SIMPANGLIMA	295,470	2,680	12,584	Ditolak
7	SIMPANGLIMA	TTG47	6,030	2,680	40,306	Diterima

a = Sumbu panjang ellips kesalahan
b = Sumbu pendek ellips kesalahan
r = Nilai maksimal sumbu panjang pada orde-2

III.2 Hasil Perhitungan Desain 4

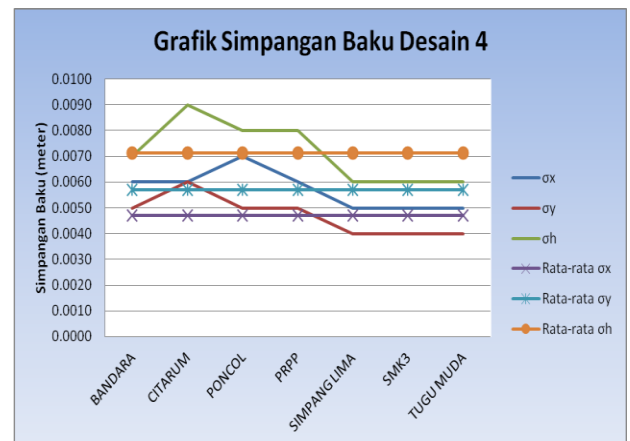
Hasil perhitungan desain jaring 4 yang diperoleh dari hasil pengolahan data pengukuran dengan konektivitas 4 dan jumlah baseline 11. Hasil perhitungan posisi desain jaring 4 dapat dilihat pada

tabel III.4. dan gambar III.2 parameter ellips kesalahan absolut dan relatif dapat dilihat pada tabel III.5 dan III.6

Tabel III. 4 Hasil perhitungan posisi dan simpangan baku titik desain 4

No	Nama Titik	Koordinat			Simpangan Baku (meter)		
		Lintang	Bujur	Tinggi (m)	σ _y (m)	σ _x (m)	σ _H (m)
1	BANDARA	6°58'45,3070"S	110°22'36,37221"E	29,242	± 0,005	± 0,006	± 0,007
2	CITARUM	6°58'18,6407"S	110°26'31,65024"E	27,116	± 0,006	± 0,006	± 0,009
3	PONCOL	6°58'23,9463"S	110°24'54,09263"E	28,477	± 0,005	± 0,007	± 0,008
4	PRPP	6°57'43,9743"S	110°23'28,29691"E	28,779	± 0,005	± 0,006	± 0,008
5	SIMPANG LIMA	6°59'20,7204"S	110°25'22,21012"E	30,081	± 0,004	± 0,005	± 0,006
6	SMK3	6°59'41,4221"S	110°25'49,77440"E	29,859	± 0,004	± 0,005	± 0,006
7	TTG47	7°01'25,1316"S	110°25'13,88929"E	132,489	0	0	0
8	TUGU MUDA	6°59'01,5673"S	110°24'34,28011"E	31,450	± 0,004	± 0,005	± 0,006
Rata-Rata					± 0,0047	± 0,0057	± 0,0071

Berikut adalah hasil gambaran grafik simpangan baku dari semua titik pada desain jaring 4.



Gambar III. 2 Grafik simpangan baku desain 4

Berikut ini merupakan hasil perhitungan parameter ellips kesalahan absolut desain jaring 4.

Tabel III. 5 Hasil perhitungan ellips kesalahan absolut desain 4

No	Nama Titik	Koordinat		Tinggi (m)	Ellips Error	
		Lintang	Bujur		a (cm)	b (cm)
1	BANDARA	6°58'45.307"S	110°22'36.372"E	29,242	1.2853	1.0155
2	PRPP	6°57'43.974"S	110°23'28.296"E	28,779	1.3031	1.0241
4	TUGU MUDA	6°59'01.567"S	110°24'34.280"E	31,45	1.8592	1.5226
5	PONCOL	6°58'23.946"S	110°24'54.092"E	28,477	1.2206	0.9598
6	CITARUM	6°58'18.640"S	110°26'31.650"E	27,116	1.4967	1.1896
7	SIMPANG LIMA	6°59'20.720"S	110°25'22.210"E	30,081	1.7749	1.4636
8	SMK3	6°59'41.422"S	110°25'49.774"E	29,859	1.8724	1.4846
RATA-RATA					1.5445	1.2371

a = sumbu panjang ellips kesalahan

b = sumbu pendek ellips kesalahan

Berikut ini merupakan hasil perhitungan parameter ellips kesalahan relatif desain jaring 4 yang di bandingkan terhadap ketentuan nilai maksimal sumbu panjang pada orde-2.

Tabel III. 6 Hasil perbandingan nilai parameter ellips kesalahan relatif dan nilai maksimal sumbu panjang yang ditentukan pada orde-2

No	Baseline		a (mm)	b (mm)	r = c*(d+0.02) mm	Keterangan
	From	To				
1	TTG	BANDARA	192,621	115,688	70,914	Diterima
2	BANDARA	PRPP	192,342	115,492	26,679	Diterima
3	PRPP	PONCOL	213,266	134,521	31,057	Diterima
4	PONCOL	CITARUM	67,137	50,076	31,99	Diterima
5	CITARUM	SMKE	142,902	80,652	30,494	Diterima
6	SMK3	SIMPANGLIMA	189,297	117,369	12,584	Ditolak
7	SIMPANGLIMA	TTG47	50,637	33,728	40,318	Diterima
8	TTG47	PRPP	49,896	0,3318	47,759	Diterima
9	TTG47	TUGUMUDA	132,135	82,118	33,279	Diterima
10	TUGUMUDA	BANDARA	210,169	127,777	38,534	Diterima
11	TUGUMUDA	PRPP	134,625	84,477	77,281	Diterima

a = sumbu panjang ellips kesalahan

b = sumbu pendek ellips kesalahan

r = Nilai maksimal sumbu panjang pada orde-2

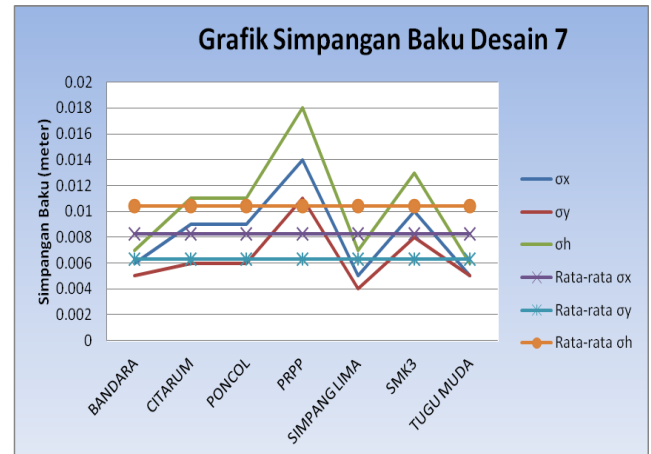
III.3 Hasil Perhitungan Desain 7

Hasil perhitungan desain jaring 7 diperoleh dari hasil pengolahan data pengukuran dengan konektivitas 5 dan jumlah *baseline* 15. Hasil perhitungan posisi desain 7 dapat dilihat pada tabel III.7 dan gambar III.3 parameter ellips kesalahan absolut dan relatif dapat dilihat pada tabel III.8 dan III.9

Tabel III. 7 Hasil perhitungan posisi dan simpangan baku titik desain 7

No	Nama Titik	Koordinat			Simpangan Baku (meter)		
		Lintang	Bujur	Tinggi (m)	σ_y	σ_x	σ_H
1	BANDARA	6°58'45,308"S	110°22'36,372"E	30,682	± 0,005	± 0,006	± 0,007
2	CITARUM	6°58'18,681"S	110°26'31,695"E	28,315	± 0,006	± 0,009	± 0,011
3	PONCOL	6°58'23,946"S	110°24'54,092"E	28,506	± 0,006	± 0,009	± 0,011
4	PRPP	6°57'43,975"S	110°23'28,297"E	27,846	± 0,011	± 0,014	± 0,018
5	SIMPANG LIMA	6°57'43,975"S	110°23'28,297"E	31,28	± 0,004	± 0,005	± 0,007
6	SMK3	6°59'41,462"S	110°25'49,819"E	31,059	± 0,008	± 0,01	± 0,013
7	TTG47	7°01'25,131"S	110°25'13,889"E	131,915	0	0	0
8	TUGUMUDA	6°59'01,567"S	110°24'34,280"E	31,45	± 0,004	± 0,005	± 0,006
Rata-Rata					± 0,0063	± 0,0083	± 0,0104

Berikut adalah hasil gambaran grafik simpangan baku dari semua titik pada desain jaring 7.



Gambar III. 3 Grafik simpangan baku desain 7

Berikut ini merupakan hasil perhitungan parameter ellips kesalahan absolut desain jaring 7.

Tabel III. 8 Hasil perhitungan ellips kesalahan absolut desain 4

No	Nama Titik	Koordinat		Tinggi (m)	Ellips Error	
		Lintang	Bujur		a (cm)	b (cm)
1	BANDARA	6°58'45.308"S	110°22'36.372"E	30,682	1.0945	0.8692
2	PRPP	6°57'43.975"S	110°23'28.297"E	29,3	1.0566	0.8374
3	TUGUMUDA	6°59'01.567"S	110°24'34.280"E	31,45	1.4334	1.1621
4	PONCOL	6°58'23.946"S	110°24'54.092"E	28,506	1.008	0.7962
5	CITARUM	6°58'18.681"S	110°26'31.695"E	28,315	1.104	0.8816
6	SIMPANG LIMA	6°59'20.761"S	110°25'22.255"E	31,28	1.267	1.0283
7	SMK3	6°59'41.462"S	110°25'49.819"E	31,059	1.4159	1.1309
RATA-RATA					1.1971	0.958

a = sumbu panjang ellips kesalahan

b = sumbu pendek ellips kesalahan

Berikut ini merupakan hasil perhitungan parameter ellips kesalahan relatif desain jaring 7 yang dibandingkan terhadap ketentuan nilai maksimal sumbu panjang pada orde-2, dimana untuk orde 2 nilai faktor empirik yang menggambarkan tingkat presisi survei adalah 10.

Tabel III. 9 Hasil perbandingan nilai parameter ellips kesalahan relatif dan nilai maksimal sumbu panjang yang ditentukan pada orde-2

No	Baseline		a (mm)	b (mm)	r=C*(D+0,2) mm	Keterangan
	From	To				
1	TTG	BANDARA	107,551	63,466	709,138	Diterima
2	BANDARA	PRPP	122,566	73,692	266,786	Diterima
3	PRPP	PONCOL	118,274	81,272	310,573	Diterima
4	PONCOL	CITARUM	50,386	37,604	319,897	Diterima
5	CITARUM	SMK3	101,781	58,835	304,941	Diterima
6	SMK3	SIMPANGLIMA	50,386	76,239	125,841	Diterima
7	SIMPANGLIMA	TTG47	101,781	25,775	403,181	Diterima
8	TTG47	PRPP	118,604	52,613	772,812	Diterima
9	TTG47	TUGU MUDA	0,0898	0,0821	477,592	Diterima
10	TUGU MUDA	BANDARA	118,604	62,693	385,343	Diterima
11	TUGU MUDA	PRPP	85,978	52,681	332,789	Diterima
12	TUGU MUDA	PONCOL	100,022	72,662	150,595	Diterima
13	SIMPANGLIMA	PONCOL	98,873	73,439	214,768	Diterima

a = sumbu panjang ellips kesalahan

b = sumbu pendek ellips kesalahan

r = nilai maksimal sumbu panjang pada orde-2

III.4 Analisis

III.4.1 Analisis Data Hasil Pengolahan

Baseline yang diolah ini adalah baseline pendek <10 km sehingga kondisi atmosfer di lokasi pengamatan dapat dianggap sama, dengan demikian pengaruh bias atmosfer di lokasi pengamatan dapat diasumsikan seragam. Data baseline yang diolah adalah data baseline bebas (non trivial), sehingga dari 4 receiver yang aktif, hanya ada 3 baseline yang digunakan. Proses pengolahan baseline diawali dengan perbaikan kontinuitas sinyal dengan melakukan pemotongan sinyal satelit yang terputus-putus saat pengamatan. Pemotongan sinyal pada beberapa data pengamatan dilakukan untuk menghilangkan pengaruh noise yang terjadi pada sinyal yang terekam dari masing-masing sinyal satelit. Sinyal yang terputus-putus kemungkinan disebabkan karena terganggunya data sinyal dari satelit ke receiver.

III.5 Analisis Hasil

Analisis ketelitian yang dilakukan terbagi menjadi tiga bagian yaitu : analisis ketelitian posisi horizontal yang diwakili harga sumbu panjang dari ellips kesalahan absolut dan analisis posisi vertikal berdasarkan nilai simpangan baku rata-rata posisi vertikal serta nilai perbandingan toleransi maksimal ellips kesalahan relatif untuk pengadaan titik kontrol orde-2.

III.5.1 Analisis Ketelitian Posisi Horizontal

Berikut ini analisa besarnya ketelitian horizontal yang diwakili oleh harga sumbu panjang

(a) dari ellips kesalahan absolut yang dimiliki oleh masing-masing titik pada Tabel III.10

Tabel III. 10 Harga sumbu panjang ellips kesalahan absolut

No	Nama Titik	Harga sumbu panjang ellips kesalahan (cm)		
		Desain 1	Desain 2	Desain 3
1	BANDARA	9.9072	1.28529	1.09449
2	PRPP	12.8481	1.30311	1.05658
3	PONCOL	13.0608	1.22057	1.00803
4	CITARUM	13.4323	1.49666	1.10404
5	SMK3	9.9072	1.87236	1.41593
6	SIMPANG LIMA	12.5850	1.77489	1.26701
7	TUGU MUDA	Tidak ada	1.85920	1.43343
Rata-rata		11.95675	1.49214	1.15768

Berikut ini merupakan grafik perbandingan besarnya nilai ellips kesalahan absolut dari ketiga desain.



Gambar III. 4 Grafik perbandingan sumbu panjang ellips kesalahan absolut

Berdasarkan tabel III.11 dan grafik yang ditunjukkan pada gambar III.4 dapat dianalisis hal-hal berikut :

- Ketelitian posisi titik horizontal yang ditunjukkan pada desain 1 mempunyai harga yang paling jelek dibandingkan dengan kedua desain yang lainnya (desain 4 dan 7).
- Ketelitian rata-rata posisi titik horizontal yang ditunjukkan pada desain 1 adalah ± 11.95 cm.
- Ketelitian rata-rata posisi titik horizontal yang ditunjukkan pada desain 4 adalah ± 1.49 cm.
- Ketelitian rata-rata posisi titik horizontal yang ditunjukkan pada desain 7 adalah ± 1.15 cm.

Berdasarkan analisis diatas dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Tingkat ketelitian posisi titik-titik horizontal berdasarkan harga sumbu panjang dari ellips kesalahan absolut pada jaring GPS sangat tergantung pada tingkat konektivitas dan jumlah baseline.

- Jaring GPS yang terdiri dari *baseline* sebanyak 7 dan konektivitas 2 mempunyai ketelitian rata-rata ± 11.95 cm.
- Jaring GPS yang terdiri dari *baseline* sebanyak 11 dan konektivitas 4 mempunyai ketelitian rata-rata ± 1.49 cm.
- Jaring GPS yang terdiri dari *baseline* sebanyak 15 dan konektivitas 5 mempunyai ketelitian rata-rata ± 1.15 cm.

III.5.2 Analisis Ketelitian Vertikal

Berikut ini adalah analisis pengaruh konektivitas jaring dan jumlah *baseline* terhadap ketelitian posisi vertikal. Rekapitulasi besarnya simpangan baku rata-rata posisi vertikal untuk masing-masing hitungan ditampilkan pada Tabel III.10.

Tabel III. 11 Perbandingan simpangan baku posisi vertikal

No	Nama	Simpangan Baku Vertikal (meter)		
		Desain 1	Desain 4	Desain 7
1	BANDARA	0.007	0.007	0.007
2	CITARUM	0.009	0.009	0.011
3	PONCOL	0.009	0.008	0.011
4	PRPP	0.009	0.008	0.018
5	SIMPANG LIMA	0.006	0.006	0.007
6	SMK3	0.006	0.006	0.013
8	TUGU MUDA	-	0.006	0.006
Rata-rata		0.00767	0.00714	0.01043

Berikut ini merupakan grafik perbandingan nilai simpangan baku dari desain jaring 1, 4 dan 7 yang dapat dilihat pada gambar III.5



Gambar III. 5 Grafik simpangan baku posisi vertikal dari ketiga desain

Berdasarkan tabel 4.12 dan grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.5, dapat dianalisis hal-hal terkait sebagai berikut :

- a. Ketelitian posisi vertikal yang ditunjukkan pada desain 7 mempunyai harga yang paling jelek

dibandingkan dengan kedua desain lainnya (desain 1 dan 4).

- b. Ketelitian rata-rata posisi vertikal yang ditunjukkan pada desain 1 dan 4 masing-masing berkisar sekitar ± 7.6 mm dan ± 7.1 mm
- c. Ketelitian rata-rata posisi vertikal yang ditunjukkan pada desain 7 berkisar sekitar ± 1 cm.
- d. Ketelitian rata-rata posisi vertikal dari model hitungan seperti yang ditunjukkan oleh grafik pada gambar III.5 cenderung meningkat ekstrim pada desain 7, sedangkan pada desain 1 dan 4 relatif sama.

Berdasarkan analisis diatas dapat disimpulkan sebagai berikut :

- e. Tingkat ketelitian vertikal titik pada jaring GPS tidak bergantung pada konektivitas titik dan jumlah *baseline*
- f. Jaring GPS yang mempunyai konektivitas 2 dan jumlah *baseline* 7 mempunyai ketelitian rata-rata $\pm 7,6$ mm
- g. Jaring GPS yang mempunyai konektivitas 4 dan jumlah *baseline* 11 mempunyai ketelitian rata-rata $\pm 7,1$ mm
- h. Jaring GPS yang mempunyai konektivitas 5 dan jumlah *baseline* 15 mempunyai ketelitian rata-rata ± 1 cm
- i. Peningkatan jumlah *baseline* diatas 11 menunjukkan penurunan nilai ketelitian vertikal yang sangat signifikan.

III.5.3 Analisis Toleransi Orde-2

Berdasarkan hasil pengolahan data yang ditunjukkan pada tabel III.3, III.6, dan III.9 dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

- Sumbu panjang ellips kesalahan desain 1,4 dan 7 yang dibandingkan terhadap sumbu panjang maksimal yang diperbolehkan dalam pengadaan titik kontrol orde-2 masih masuk dalam toleransi.

III.6 Analisis Uji Statistik

Analisis uji statistik yang dilakukan terbagi menjadi dua bagian, yaitu : uji variansi parameter posisi horizontal dan uji variansi parameter vertikal dengan menggunakan table F berdasarkan nilai simpangan baku rata-rata yang dimiliki oleh masing-masing jaring. Nilai simpangan baku dari semua desain jaring bisa dilihat pada Tabel III.12

Tabel III. 12 Perbandingan simpangan baku rata-rata desain 1,4 dan 7.

No	Nama Titik	Simpangan Baku Rata-Rata (m)		
		σ_x	σ_y	σ_h
1	Desain 1	± 0.0060	± 0.0051	± 0.0076
2	Desain 4	± 0.0057	± 0.0047	± 0.0071
3	Desain 7	± 0.0082	± 0.0062	± 0.0104

III.6.1 Uji Variansi Parameter Posisi Horizontal

Akan ditinjau perbedaan variansi parameter posisi horizontal yang diperoleh dari desain 1, 4 dan 7 seperti pada hasil hitungan berikut :

Pemilihan taraf uji : $\sigma = 0.05$

Penyusunan hipotesis :

$$H_0 : \sigma^2 x_{(1)} \leq \sigma^2 x_{(2)}$$

$$F_{1-\alpha, r1, r2} < \sigma x_1 / \sigma x_1 < F_{\sigma, r1, r2} \rightarrow \text{hipotesis diterima}$$

$$H_a : \sigma^2 x_{(1)} > \sigma^2 x_{(2)} \rightarrow \text{hipotesis ditolak, karena berada di luar selang diatas}$$

Desain Jaring 1 dan 4

$$\text{Desain 1 : } \sigma x = 0.006 \quad \sigma y = 0.0076 \quad \text{dan } r = 3$$

$$\text{Desain 4 : } \sigma x = 0.00517 \quad \sigma y = 0.00471 \quad \text{dan } r = 12$$

Taraf uji : $\sigma = 0.05$

$$F_x = (0.006)^2 / (0.00517)^2 = 1.3469$$

$$F_y = (0.0076)^2 / (0.00471)^2 = 2.6037$$

$$F_{1-\sigma, r1, r2} = F_{0.95, 3, 12} = 1 / F_{0.05, 3, 12} = 0.11442$$

$$F_{1-\sigma, r1, r2} = F_{0.05, 3, 12} = 3.49$$

Jadi

$$0.1142 < 1.3469 < 3.49 \quad \text{Hipotesis diterima}$$

$$0.1142 < 2.6037 < 3.49 \quad \text{Hipotesis diterima}$$

Kesimpulan :

Ketelitian parameter posisi horizontal yang telah diperoleh dari desain geometri jaring 1 dan 7 secara statistika tidak mempunyai perbedaan yang signifikan.

Geometri Jaring 1 dan 7

$$\text{Desain 1 : } \sigma x = 0.006 \quad \sigma y = 0.0076 \quad \text{dan } r = 3$$

$$\text{Desain 7 : } \sigma x = 0.00829 \quad \sigma y = 0.00629 \quad \text{dan } r = 24$$

Taraf uji : $\sigma = 0.05$

$$F_x = (0.006)^2 / (0.00829)^2 = 0.5238$$

$$F_y = (0.0076)^2 / (0.00629)^2 = 1.4599$$

$$F_{1-\sigma, r1, r2} = F_{0.95, 3, 24} = 1 / F_{0.05, 3, 24} = 0.11574$$

$$F_{1-\sigma, r1, r2} = F_{0.05, 3, 24} = 3.01$$

Jadi

$$0.1157 < 0.5238 < 3.01 \quad \text{Hipotesis diterima}$$

$$0.1157 < 1.4599 < 3.01 \quad \text{Hipotesis diterima}$$

Kesimpulan : Ketelitian parameter posisi horizontal yang telah diperoleh dari desain geometri jaring 1 dan 7 secara statistika tidak mempunyai perbedaan yang signifikan.

Geometri Jaring 4 dan 7

$$\text{Desain 4 : } \sigma x = 0.00517 \quad \sigma y = 0.00471 \quad \text{dan } r = 12$$

$$\text{Desain 7 : } \sigma x = 0.00829 \quad \sigma y = 0.00629 \quad \text{dan } r = 24$$

Taraf uji : $\sigma = 0.05$

$$F_x = (0.00517)^2 / (0.00829)^2 = 0.3889$$

$$F_y = (0.00471)^2 / (0.00629)^2 = 0.5607$$

$$F_{1-\sigma, r1, r2} = F_{0.95, 12, 24} = 1 / F_{0.05, 12, 24} = 0.39841$$

$$F_{1-\sigma, r1, r2} = F_{0.05, 12, 24} = 2.15$$

Jadi

$$0.39841 < 0.3889 < 2.15 \quad \text{Hipotesis tidak diterima}$$

$$0.139841 < 0.5607 < 2.15 \quad \text{Hipotesis diterima}$$

Kesimpulan : Ketelitian parameter posisi horizontal yang telah diperoleh dari desain geometri jaring 4 dan 7 secara statistika mempunyai perbedaan yang signifikan.

Berikut ini merupakan hasil rekapitulasi dari hasil uji variansi parameter posisi horizontal dari semua desain jaring yang dapat dilihat pada Tabel III.13

Tabel III. 13 Hasil Uji variansi parameter posisi horizontal

No	Uji Variansi	Komponen	Keterangan
1	Desain 1 dan 4	Fx	0.1142 < 1.3469 < 3.49 Hipotesa diterima
		Fy	0.1142 < 2.6037 < 3.49 Hipotesa diterima
2	Desain 1 dan 7	Fx	0.1157 < 0.5238 < 3.01 Hipotesa diterima
		Fy	0.1157 < 1.4599 < 3.01 Hipotesa diterima
3	Desain 4 dan 7	Fx	0.39841 > 0.3889 Hipotesa tidak diterima
		Fy	0.139841 < 0.5607 < 2.15 Hipotesa diterima

III.6.2 Uji Variansi Parameter Posisi Vertikal

Akan ditinjau perbedaan variansi parameter posisi vertikal yang diperoleh dari desain 1, 4 dan 7 seperti pada hasil hitungan berikut :

$$H_0 : \sigma^2 x_{(1)} \leq \sigma^2 x_{(2)}$$

$$F_{1-\alpha, r1, r2} < \sigma x_1 / \sigma x_1 < F_{\sigma, r1, r2} \rightarrow \text{hipotesis diterima}$$

$$H_a : \sigma^2 x_{(1)} > \sigma^2 x_{(2)} \rightarrow \text{hipotesis ditolak, karena berada di luar selang diatas}$$

Geometri Jaring 1 dan 4

$$\text{Desain 1 : } \sigma h = 0.00767 \quad \text{dan } r = 3$$

$$\text{Desain 4 : } \sigma h = 0.00714 \quad \text{dan } r = 12$$

Taraf uji : $\sigma = 0.05$

$$F_h = (0.00767)^2 / (0.00714)^2 = 1.1540$$

$$F_{1-\sigma, r1, r2} = F_{0.95, 3, 12} = 1 / F_{0.05, 3, 12} = 0.11442$$

$$F_{1-\sigma, r1, r2} = F_{0.05, 12, 24} = 3.01$$

Jadi

$$0.11442 < 1.1540 < 3.49 \quad \text{Hipotesis diterima}$$

Kesimpulan : Ketelitian parameter posisi horizontal yang telah diperoleh dari desain geometri jaring 1 dan 2 secara statistika tidak mempunyai perbedaan yang signifikan.

Geometri Jaring 1 dan 7

Desain 1 : $\sigma_h = 0.00767$ dan $r = 3$

Desain 7 : $\sigma_h = 0.01043$ dan $r = 24$

Taraf uji : $\sigma = 0.05$

$$F_h = \frac{(0.00767)^2}{(0.01043)^2} = 0.5408$$

$$F_{1-\sigma,r_1,r_2} = F_{0.95,3,24} = 1/F_{0.05,3,24} = 0.11574$$

$$F_{1-\sigma,r_1,r_2} = F_{0.05,12,24} = 3.01$$

Jadi

$0.11574 < 0.5408 < 3.01$ Hipotesis diterima

Kesimpulan : Ketelitian parameter posisi horizontal yang telah diperoleh dari desain geometri jaring 1 dan 7 secara statistika tidak mempunyai perbedaan yang signifikan.

Geometri Jaring 4 dan 7

Desain 4 : $\sigma_h = 0.00714$ dan $r = 12$

Desain 7 : $\sigma_h = 0.01043$ dan $r = 24$

Taraf uji : $\sigma = 0.05$

$$F_h = \frac{(0.00714)^2}{(0.01043)^2} = 0.4686$$

$$F_{1-\sigma,r_1,r_2} = F_{0.95,3,24} = 1/F_{0.05,3,24} = 0.39841$$

$$F_{1-\sigma,r_1,r_2} = F_{0.05,12,24} = 2.15$$

Jadi

$0.3984 < 0.4686 < 2.15$ Hipotesis diterima

Kesimpulan : Ketelitian parameter posisi horizontal yang telah diperoleh dari desain geometri jaring 4 dan 7 secara statistika tidak mempunyai perbedaan yang signifikan.

Berikut ini merupakan hasil rekapitulasi dari hasil uji variansi parameter posisi vertikal dari semua desain jaring yang dapat dilihat pada Tabel III.14

Tabel III. 14 Hasil uji variansi parameter posisi vertikal

No	Uji Variansi	Hasil	Keterangan
1	Desain 1 dan 4	$0.11442 < 1.1540 < 3.49$	Hipotesa diterima
2	Desain 1 dan 7	$0.11574 < 0.5408 < 3.01$	Hipotesa diterima
3	Desain 4 dan 7	$0.3984 < 0.4686 < 2.15$	Hipotesa diterima

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dari data penelitian survei GPS , dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari hasil analisis pengolahan data dihasilkan bahwa dalam satu desain jaring semakin banyak loop dan juga *baseline* dalam satu desain jaring akan menghasilkan nilai kekuatan jaring yang semakin kecil juga. Nilai kekuatan jaring yang kecil juga

akan menghasilkan nilai ellips kesalahan absolut yang kecil juga.

2. Pada pengolahan data pengamatan GPS untuk desain 1,4 dan 7 dihasilkan nilai ketelitian posisi horizontal yang diwakili nilai sumbu panjang ellips kesalahan titik sebesar 11,95 cm, 1,49 cm dan 1,15 cm serta nilai ketelitian posisi vertikal titik sebesar $\pm 7,6$ mm, $\pm 7,1$ mm dan ± 1 cm.
3. Hasil analisis menunjukkan bahwa desain geometri jaring yang sesuai untuk survei pengadaan titik kontrol orde-2 adalah desain geometri jaring 7 karena memiliki nilai faktor kekuatan jaring dan nilai ketelitian posisi horizontal yang paling baik serta nilai sumbu panjang yang masih dibawah ketentuan nilai maksimal sumbu panjang yang ditentukan dalam SNI Kerangka Horizontal.

V.2 Saran

1. Dalam pengukuran titik kontrol orde-2, disarankan menggunakan desain geometri jaring yang memiliki nilai faktor kekuatan jaring mendekati nol dan nilai ellips kesalahan yang kecil.
2. Sebaiknya menyertakan bobot dalam perhitungan ellips kesalahan relatif maupun absolut.
3. Menggunakan *software* yang dapat langsung menghasilkan nilai ellips kesalahan tanpa harus menghitung secara manual.
4. Pengecekan alat yang akan digunakan sangat penting dilakukan sehingga dalam proses pengamatan dapat berjalan dengan lancar
5. Sesuaikan pula lama pengamatan dengan keperluan penelitian yang dilakukan

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, H.Z.2007.*Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. Pradnya Paramita: Jakarta

Abidin, H.Z. A. Jones dan J Kahar. 2002.*Survei dengan GPS*. Pradnya Paramita: Jakarta

Badan Standar Nasional. 2002. *Standar Nasional Indonesia Jaring Kontrol Horizontal*. BIG: Bogor

Kuang,Shanlong. 1996. *Geodetic Network Analysis and Optimal Design Concepts and Applications*. Ann Arbor Press. Inc : Michigan