

## ANALISIS HASIL PENGUKURAN TINGGI TAKHIMETRI DENGAN SIPAT DATAR TELITI

Agnes Sri Mulyani<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia

Email: agnesyani\_79@yahoo.com

Masuk:27-02-2020, revisi: 9-04-2020, diterima untuk diterbitkan: 22-04-2020

---

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ketelitian pengukuran tinggi dengan alat Waterpass dan Theodolit Kolida DT 02. Lokasi penelitian dilakukan di daerah Kampus UKI Cawang Nopember 2018. Metode yang digunakan adalah pengukuran beda tinggi jarring polygon dengan ring tertutup menggunakan Waterpass B2 dan Theodolit Kolida DT 02. Pengukuran dilakukan tiga kali dengan ring yang berbeda namun titik pangkal dan ujung adalah titik yang sama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil perhitungan kesalahan penutup tinggi pada ring 1, 2 dan 3 dengan alat Waterpass masing-masing adalah 1 mm, 4 mm dan 6 mm. Sedangkan kesalahan penutup tinggi dengan Theodolit Kolida DT 02 masing-masing adalah 12mm, 6mm, 19mm. Standard deviasi beda tinggi dengan Waterpass adalah 1mm sedangkan dengan Theodolit 19mm. Kesimpulan yang dapat diambil adalah Theodolit Kolida DT 02 dapat digunakan untuk pengukuran tinggi pada pekerjaan yang tidak menuntut ketelitian yang sangat tinggi.

**Kata kunci:** Takhimetri; Sipat datar teliti; Ketelitian

### ABSTRACT

*This study is to analyze the accuracy of height measurements using the Waterpass and Kolida Theodolite DT 02. The location of the study was conducted in the Cawang Campus UKI area in November 2018. The method used is the measurement of the different height of polygon with a closed-loop by using Waterpass B2 and Kolida DT 02 Theodolite. Measurements are made three times with different loop, with the starting point and the end are the same point. The results showed that the calculation of the high closing error in rings 1, 2 and 3 with the Waterpass were 1 mm, 4 mm and 6 mm respectively. Whereas the high closing error with Theodolite Kolida DT 02 is 12mm, 6mm, 19mm respectively. The Standard deviation of height difference with Waterpass is 1mm while with Theodolite 19mm. The conclusion that can be drawn is the Theodolite Kolida DT 02 can be used for high measurements in jobs that are not required to be very high accuracy.*

**Keywords:** Tachymetry; Levelling; Accuracy

## 1. PENDAHULUAN

Dengan banyaknya pilihan metode dan peralatan yang tersedia, serta juru ukur yang mempunyai kualifikasi yang baik, diharapkan pelaksanaan pengukuran tinggi dapat dilakukan dengan baik, sesuai dengan ketelitian yang disyaratkan serta dengan pertimbangan terhadap efisiensi waktu, tenaga dan biaya. Disamping pertimbangan pemilihan juru ukur, pelaksana pekerjaan diharapkan agar secara teliti dan seksama dalam memutuskan metode dan alat apa yang akan digunakan dalam melaksanakan pekerjaannya. Keputusan penggunaan alat harus diambil secara tepat, tentu saja dengan mempertimbangkan waktu dan biaya yang seefisien mungkin tanpa harus mengesampingkan faktor ketelitian.

Amin Widada, dkk. (2006), pada penelitiannya membandingkan pengukuran tinggi dengan metode sipat datar dengan alat GPS. Hasilnya menunjukkan bahwa pengukuran dengan alat GPS jauh lebih ekonomis, sebab pengukuran tersebut hanya memerlukan waktu kira-kira  $\frac{1}{6}$  dibandingkan pengukuran dengan menggunakan metode sipat datar yang dikerjakan untuk daerah yang sama. Penelitian yang dilakukan oleh Fajriyanto (2009) melaporkan suatu pengukuran koordinat poligon dengan metode konvensional lebih teliti dibandingkan pengukuran dengan GPS Real Kinetik Time (RTK). Sedangkan Ispen Safrel (2010) melakukan pengukuran tinggi titik kerangka dasar vertikal di Universitas Negeri Semarang dengan

menggunakan GPS, hasil yang didapat adalah titik kontrol tinggi mengalami penurunan sekitar 4cm dalam kurun waktu satu tahun. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kemampuan alat GPS pada saat ini untuk bidang pengukuran tinggi bisa diandalkan sesuai dengan kebutuhan dan tetap memperhitungkan faktor ketelitian. Agnes Sri Mulyani dan Tampubolon S (2015) pada penelitiannya membandingkan pengukuran tinggi menggunakan Total Station KT 420 SR dan Sipat datar, hasilnya adalah Total Station KT 420 SR dapat digunakan untuk pengukuran tinggi pada pekerjaan yang tidak dituntut ketelitian yang tinggi, dengan efisiensi waktu  $\frac{1}{4}$  dibanding dengan Waterpass.

Pada penulisan ini dilakukan suatu pengukuran tinggi dengan menggunakan alat Theodolit Kolida DT 02 yang dibandingkan dengan sipat datar jenis B2. Pemilihan metode ini dilakukan dengan didasari oleh beberapa hal sebagai berikut:

- a. Mengetahui ketelitian dan keakuratan alat Theodolit Kolida DT 02 untuk pekerjaan pengukuran tinggi, kemudian hasilnya dibandingkan dengan pengukuran tinggi yang dilakukan dengan alat sipat datar.
- b. Keterbatasan sumberdaya manusia, peralatan, dan waktu.
- c. Mengetahui efisiensi alat Theodolit Kolida DT 02 yang digunakan untuk pengukuran tinggi jika dibandingkan dengan cara sipat datar menggunakan Waterpass.
- e. Wilayah penelitian ini dilakukan hanya sekitar Fakultas Teknik, lapangan parkir UKI Cawang. Daerah yang diteliti dipetakan dalam bentuk polygon, dan diukur perbedaan tingginya menggunakan sipat datar dan Theodolit Kolida DT 02.

Berdasarkan teorinya, sipat datar merupakan metode pengukuran beda tinggi yang paling teliti dibandingkan dengan metode lainnya. Oleh karena itu metode sipat datar digunakan untuk tujuan pengukuran tinggi untuk pekerjaan yang dituntut ketelitian sangat tinggi. Pada prinsipnya, pemilihan metode pengukuran ditentukan oleh faktor-faktor seperti tujuan pengukuran, ketelitian yang diinginkan serta ketersediaan peralatan. Dengan teknologi yang semakin berkembang, peralatan di bidang pengukuran banyak mengalami kemajuan, sehingga setiap peralatan yang baru perlu diketahui tingkat ketelitian serta tingkat efisiensinya, untuk itulah penelitian ini dilakukan, yaitu untuk mengetahui tingkat ketelitian pengukuran beda tinggi yang dilakukan dengan alat Theodolit Kolida DT 02 dibandingkan jika pekerjaan yang sama dilakukan dengan alat sipat datar Topcon B2.

Sedangkan manfaat penelitian yang dilakukan kali ini adalah untuk memberi masukan kepada pelaksana teknis di lapangan dalam melaksanakan pekerjaannya tentang seberapa jauh ketelitian Theodolit Kolida DT 02 dapat digunakan untuk pengukuran beda tinggi jika pekerjaan yang sama dilaksanakan dengan menggunakan alat sipat datar. Dari hasil penelitian yang diperoleh diharapkan dapat memberikan kontribusi kepada para pelaksana pekerjaan di lapangan dalam pemilihan metode maupun peralatan yang digunakan.

## **2. METODOLOGI**

Sampai saat ini, pengukuran tinggi dengan metode sipat datar atau waterpassing adalah metode yang paling teliti dibanding dengan metode yang lain. Tinggi suatu obyek di permukaan bumi adalah tinggi yang diukur dari suatu bidang referensi, yang ketinggiannya dianggap nol. Di bidang Geodesi bidang referensi tersebut disebut dengan Geoid, yaitu bidang equipotensial yang berimpit dengan permukaan air laut rata-rata (mean sea level), atau disebut juga dengan bidang nivo. Bidang-bidang ini selalu tegak lurus dengan arah gaya berat terhadap setiap titik-titik di permukaan bumi. Pada setiap pekerjaan pengukuran tinggi, alat yang didirikan diatas suatu titik di permukaan bumi harus selalu searah dengan gaya berat.

Setiap pengukuran selalu mengandung suatu kesalahan yang sifatnya acak. Oleh karena itu dibutuhkan suatu metode yang dapat menentukan nilai parameter tertentu dengan meminimalkan kesalahan acak tersebut. Hitung perataan atau lebih dikenal dengan statistik

geodetik merupakan ilmu yang mempelajari tentang perhitungan statistik. Hitung perataan merupakan suatu cara untuk menentukan nilai koreksi yang harus diberikan kepada hasil pengukuran, sehingga hasil pengukuran memenuhi syarat geometriaknya (Wolf,1980). Syarat geometrik tersebut merupakan suatu kondisi yang harus dipenuhi dari hubungan suatu pengukuran dengan pengukuran lainnya. Proses hitung perataan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil dijelaskan sebagai berikut: (Wolf,1980 halaman 167)

$$B(L + V) = C \quad \dots\dots\dots [1]$$

$$BL + BV = C \quad \dots\dots\dots [2]$$

$$BV = C - BL \quad \dots\dots\dots [3]$$

$$C - BL = W \quad \dots\dots\dots [4]$$

$$BV = W \quad \dots\dots\dots [5]$$

$$V = B^T (B.B^T)^{-1} W \quad \dots\dots\dots [6]$$

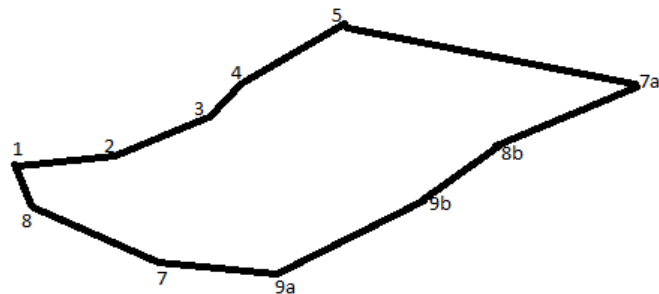
$$\text{Standard deviasi : } So = \sqrt{\frac{\sum pv^2}{n-1}} \quad \dots\dots\dots [7]$$

Keterangan:

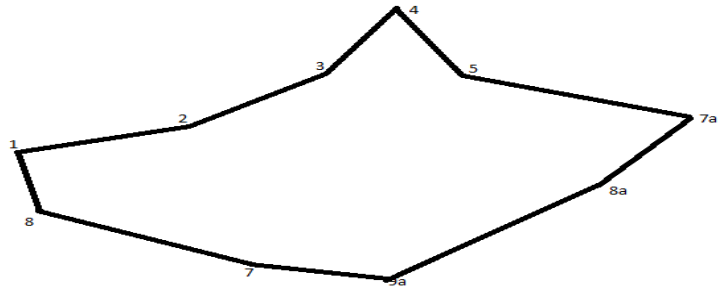
- B :matriks koefisien parameter
- V : residu
- So : standard deviasi
- C : Konstanta
- L : harga pengamatan
- p : bobot
- n : banyak pengamatan

Pada penelitian ini dibuat suatu jaring sipat datar sederhana tertutup yang diukur dengan waterpass dan Theodolit Kolida DT 02. Kemudian diukur tingginya, hasil perhitungan tinggi yang menggunakan kedua alat dibandingkan dan dihitung standard deviasinya untuk mendapatkan ketelitian pengukuran beda tingginya. Penelitian dilaksanakan di Kampus UKI Cawang pada tanggal 23-25 Nopember 2018 dengan menggunakan jaring sipat datar tertutup dan menggunakan titik tinggi lokal.

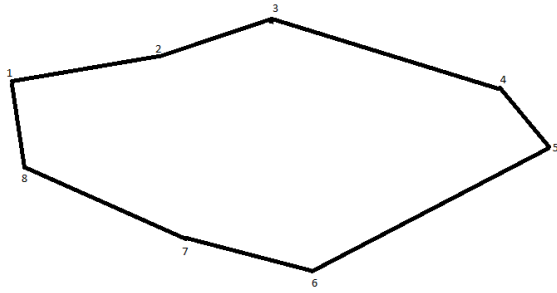
Adapun bentuk jaring tersebut adalah:



Ring 1 : 1,2,3,4,5,7a, 8b, 9b, 9a, 7, 8, 1



Ring 2 : 1, 2, 3, 4, 5, 7a, 8a, 9a, 7, 8, 1



Ring 3 : 1, 2, 3, 4, 5, 7a, 8b, 9b, 9a, 7, 8, 1

Gambar 1. Sketsa Pengukuran

### 3. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Hasil Hitungan Sipat Datar dan Poligon

Tabel 3.1. Hasil Hitungan Sipat Datar Ring 1

TITIK	JARAK m	BEDA TINGGI WP m	TINGGI SEMEN TARA m	KOREKSI m	TINGGI TETAP m	BEDA TINGGI THDLT m	TINGGI THDLT S	KOREKSI	TINGGI TETAP THDLT m
1			0		0		0	0	0
	21.45	-0.505				-0.591			
2			-0.505	-1E-05	-0.505		-0.591	0.006	-0.585
	47.68	-0.04				-0.18			
3			-0.545	-0.0002	-0.545		-0.771	0.0196	-0.751
	26.75		0.172			0.152			
4			-0.373	-0.0002	-0.373		-0.619	0.0272	-0.592
	60.14		0.5			0.558			
5			0.127	-0.0004	0.1266		-0.061	0.0442	-0.017
	30.14		0.167			0.357			
7a			0.294	-0.0004	0.2936		0.296	0.0528	0.349
	32.25	-0.055				-0.06			
8b			0.239	-0.0005	0.2385		0.236	0.062	0.298
	76	-0.07				-0.034			
9b			0.167	-0.0007	0.1663		0.202	0.083	0.285
	36		0.18			0.239			
9a			0.349	-0.0008	0.3482		0.441	0.094	0.535
	23.89	-0.025				-0.239			
7			0.324	-0.0008	0.3232		0.202	0.01	0.212
	35.73	-0.178				-0.172			
8			0.146	-0.0009	0.1451		0.003	0.11	0.113
	33.34	-0.145				-0.15			
1			0.001	-0.001	0		-0.12	0.12	0

Tabel 3.2. Hasil Hitungan Sipat Datar Ring 2

TITIK	JARAK m	BEDA TINGGI m		TINGGI SEMENTARA m	KOREKSI m	TINGGI TETAP m	BEDA TINGGI THDLT m	TINGGI THDLT S	KOREKSI	TINGGI TETAP THDLT m
1				0		0		0	0	0
	21,45	-0,505					-0,591			
2				-0,505	0,0002	-0,5048		-0,591	0,0034	-0,5876
	47,68	-0,04					-0,18			
3				-0,545	0,0008	-0,5442		-0,771	0,011	-0,76
	26,75		0,172				0,152			
4				-0,373	0,0011	-0,3719		-0,619	0,015	0,604
	60,14		0,5				0,558			
5				0,127	0,0018	0,1288		-0,061	0,025	-0,036
	30,14		0,167				0,357			
7a				0,294	0,0021	0,2961		0,296	0,03	0,3257
	43,87	-0,03					-0,06			
8a				0,264	0,0026	0,2666		0,236	0,037	0,273
	28,28		0,08				0,4			
9a				0,344	0,0029	0,3469		0,636	0,041	0,677
	23,89	-0,025					-0,37			
7				0,319	0,0032	0,3222		0,266	0,045	0,311
	35,73	-0,178					-0,172			
8				0,141	0,0036	0,1446		0,094	0,051	0,145
	33,34	-0,145					-0,15			
1				-0,004	0,004	0		-0,056	0,056	0

Tabel 3.3. Hasil Hitungan Sipat Datar Ring 3

TITIK	JARAK m	BEDA TINGGI m		TINGGI SEMENTARA m	KOREKSI m	TINGGI TETAP m	BEDA TINGGI THDLT m	TINGGI THDLT S		TINGGI TETAP THDLT m
1				0		0		0	0	0
	21,45	-0,505					-0,591			
2				-0,505	0,0004	-0,5046		-0,591	0,072	-0,519
	47,68	-0,04					-0,206			
3				-0,545	0,0014	-0,5436		-0,797	0,0232	-0,774
	26,75		0,172				0,152			
4				-0,373	0,0019	-0,3711		-0,645	0,0322	-0,6128
	60,14		0,5				0,558			
5				0,127	0,0032	0,1302		-0,087	0,0523	-0,0347
	21,68		0,135				0,26			
6				0,262	0,0036	0,2656		0,173	0,06	0,2326
	48,32		0,055				0,05			
7				0,317	0,0046	0,3216		0,223	0,0758	0,2988
	35,73	-0,178					-0,172			
8				0,139	0,0053	0,1443		0,051	0,0878	0,1388
	33,34	-0,145					-0,15			
1				-0,006	0,006	0		-0,099	0,099	0

Tabel 3.4. Hitungan Poligon Tertutup Ring 1

STA	SUDUT HORIZONTAL	JARAK	AZIMUTH	d sin		d cos		KOORDINAT	
				+	-	+	-	X	Y
	o ' "	m	o ' "	m	m	m	m	m	m
1								<b>0</b>	<b>0</b>
	97 56 28	21.45	174 7 8	2.35			21.45	2.35	-21.45
2								<b>2.35</b>	<b>-21.45</b>
	137 10 52	47.68	131 18 0	35.97			31.58	35.97	-31.58
3								<b>38.32</b>	<b>-53.03</b>
	158 48 47	26.75	110 6 47	25.27			9.31	25.27	-9.31
4								<b>63.59</b>	<b>-62.34</b>
	118 41 5	60.14	48 47 52	45.39		39.42		45.39	39.42
5								<b>108.98</b>	<b>-22.92</b>
	165 34 54	30.14	34 22 46	17.27		24.56		17.27	24.56
7a								<b>126.25</b>	<b>1.64</b>
	205 45 2	32.02	60 7 48	27.92		15.75		27.92	15.75
8b								<b>154.17</b>	<b>17.39</b>
	75 32 32	76.04	315 40 20		52.95	54.21		-52.95	54.21
9b								<b>101.22</b>	<b>71.6</b>
	91 23 58	35.58	230 24 18		27.24		22.79	-27.24	-22.79
9a								<b>73.98</b>	<b>48.81</b>
	160 3 13	23.89	210 27 31		10.7		21.41	-10.7	-21.41
7								<b>63.28</b>	<b>27.4</b>
	210 35 18	35.73	237 39 53		31.03		19.26	-31.03	-19.26
8								<b>32.25</b>	<b>8.14</b>
	198 27 51	33.34	256 7 44		32.25		8.14	-32.25	-8.14
1								<b>0</b>	<b>0</b>
				154.2	154.2	133.9	133.94		



Tabel 3.5. Hitungan Poligon Tertutup Ring 2

STA	SUDUT	JARAK	AZIMUTH	d sin		d cos		X	Y
	HORIZONTAL			+	-	+	-		
1								0	0
	97 56 28	21.45	174 7 8	2.19			21.37	2.19	-21.37
2								<b>2.19</b>	<b>-21.37</b>
	137 10 52	47.68	131 18 0	35.8			31.47	35.8	-31.47
3								<b>37.99</b>	<b>-52.84</b>
	158 48 47	26.75	110 6 47	25.11			9.23	25.11	-9.23
4								<b>63.1</b>	<b>-62.07</b>
	118 41 5	60.14	48 47 52	45.19		39.575		45.19	39.575
5								<b>108.29</b>	<b>-22.5</b>
	165 34 54	30.14	34 22 46	17.27		24.56		17.27	24.56
7a								<b>125.41</b>	<b>2.265</b>
	84 48 43	43.87	299 11 29		38.32	21.41		-38.32	21.41
8a								<b>87.09</b>	<b>23.675</b>
	212 3 19	28.28	331 14 48		13.61	24.79		-13.61	24.79
9a								<b>73.48</b>	<b>48.465</b>
	55 49 47	23.89	207 4 35		10.88	21.31	-10.88	-21.305	
7								<b>62.6</b>	<b>27.16</b>
	210 35 18	35.73	237 39 53		31.21	19.14	-31.21	-19.14	
8								<b>31.39</b>	<b>8.02</b>
	198 27 51	33.34	256 7 44		32.39	8.02	-32.39	-8.02	
1								<b>0</b>	<b>0</b>
				125.4	126.41	110.54	110.5		

Tabel 3.6. Hitungan Poligon Tertutup Ring 3

TITIK	AZIMUTH	JARAK	d sin		d cos		X	Y
			+	-	+	-		
1							0	0
	174 7 8	21.45	2.19			21.36	2.19	-21.36
2							<b>2.19</b>	<b>-21.36</b>
	131 18 0	47.68	35.81			31.5	35.81	-31.5
3							<b>38</b>	<b>-52.86</b>
	110 6 47	26.75	25.11			9.22	25.11	-9.22
4							<b>63.11</b>	<b>-62.08</b>
	48 47 52	60.14	45.23		39.58		45.23	39.58
5							<b>108.34</b>	<b>-22.5</b>
	340 26 53	21.68		7.27	20.39		-7.27	20.39
6							<b>101.07</b>	<b>-2.11</b>
	307 16 13	48.32		38.47	29.22		-38.47	29.22
7							<b>62.6</b>	<b>27.11</b>
	237 42 49	35.73		30.22		19.12	-30.22	-19.12
8							<b>32.38</b>	<b>7.99</b>
	256 10 40	33.34		32.38		7.99	-32.38	-7.99
1			108.34	108.34	89.19	89.19	0	0

### 3.2 Hasil Hitung Perataan:

Proses hitung perataan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil seperti dengan rumus (1) sampai dengan (7). Pada perataan jaring sipat datar diatas terdapat 15 jalur pengukuran dengan tinggi titik yang tidak diketahui berjumlah 12 sehingga ada  $15 - 12 = 3$  persamaan kondisi. Adapun persamaan kondisi yang bisa dibuat adalah:

$$(\ell_1 + v_1) + (\ell_2 + v_2) + (\ell_3 + v_3) + (\ell_4 + v_4) + (\ell_5 + v_5) + (\ell_6 + v_6) + (\ell_7 + v_7) + (\ell_8 + v_8) + (\ell_9 + v_9) + (\ell_{10} + v_{10}) + (\ell_{11} + v_{11}) = -0,001$$

$$(\ell_1 + v_1) + (\ell_2 + v_2) + (\ell_3 + v_3) + (\ell_4 + v_4) + (\ell_5 + v_5) + (\ell_9 + v_9) + (\ell_{10} + v_{10}) + \ell_{11} + v_{11}) + (\ell_{14} + v_{14}) + (\ell_{15} + v_{15}) = 0,004$$

$$(\ell_1 + v_1) + (\ell_2 + v_2) + (\ell_3 + v_3) + (\ell_4 + v_4) + (\ell_{10} + v_{10}) + \ell_{11} + v_{11}) + \ell_{12} + v_{12}) + \ell_{13} + v_{13}) = 0,006$$

Keterangan:

B : matriks koefisien parameter

V : residu

So : standard deviasi

n : banyak pengamatan

### 3. 3 Perataan Data Sipat Datar

Perataan data sipat datar dihitung dengan program Matlab, sebagai berikut

```
>> B=[1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,0,0,0,0;1,1,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0,0,1,1;  
1,1,1,1,0,0,0,0,0,1,1,1,1,0,0]  
C=[-0.006;-0.004;0.001]  
L=[-0.505;-0.04;0.172;0.5;0.167;-0.055;-0.07;0.18;-0.025;-0.178;-0.145;0.135  
;0.055;-0.03;0.08]  
D=B*L  
W=C-D  
K=[1,1,1;1,1,1;1,1,1;1,1,1;0,1,1;0,0,1;0,0,1;0,0,1;0,1,1;1,1,1;1,1,1;1,0,0;  
1,0,0;0,1,0;0,1,0]  
A=B*K  
U=inv(A)  
Z=K*U*W
```

```
Z = 0.0004  
0.0004  
0.0004  
0.0004  
-0.0017  
-0.0021  
-0.0021  
-0.0021  
-0.0017  
0.0004  
0.0004  
0.0022  
0.0022  
0.0004  
0.0004
```

Setelah dihitung dengan rumus (7), maka standard deviasinya adalah 0.001463118 meter atau sekitar 1 mm

### 3. 4 Hitung Perataan Data Theodolit

```
>>BB=[1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,0,0,0,0;1,1,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0,0,1,1;  
1,1,1,1,0,0,0,0,0,1,1,1,1,0,0]  
CC=[-0.099;-0.056;-0.12]  
LL=[-0.591;-0.18;0.152;0.558;0.357;-0.06;-0.034;0.239;-0.239;-0.172;-0.15;0.26  
;0.05;-0.06;0.4]  
DD=BB*LL  
WW=CC-DD  
KK=[1,1,1;1,1,1;1,1,1;1,1,1;0,1,1;0,0,1;0,0,1;0,0,1;0,1,1;1,1,1;1,1,1;1,0,0;1,0,0;0,1,0;0,1,0]  
AA=BB*KK  
UU=inv(AA)  
ZZ=KK*UU*WW
```

$ZZ = -0.0077$   
 $-0.0077$   
 $-0.0077$   
 $-0.0077$   
 $-0.0074$   
 $0.0274$   
 $0.0274$   
 $0.0274$   
 $-0.0074$   
 $-0.0077$   
 $-0.0077$   
 $-0.0003$   
 $-0.0003$   
 $-0.0349$   
 $-0.0349$

Setelah dihitung dengan rumus (7), maka standard deviasinya adalah 0.01918657 meter atau sekitar 19 mm

### 3. 5 Hasil Kesalahan Pengukuran Tinggi

Tabel 3.7. Kesalahan Penutup Tinggi

No	Ring	Alat	Kesalahan penutup tinggi (m)
1	1	Waterpass	0.001
2	2	Theodolit	0.120
3	2	Waterpass	0.004
4	2	Theodolit	0.056
5	3	Waterpass	0.006
6	3	Theodolit	0.099

Berdasarkan hasil kesalahan penutup tinggi yang disajikan pada tabel 3.7 diatas, maka kesalahan penutup tinggi hasil pengukuran yang dilakukan dengan Waterpass lebih kecil disbanding dengan kesalahan penutup tinggi hasil pengukuran yang dilakukan dengan Theodolit. Besarnya kesalahan dalam suatu pengukuran disebabkan oleh tiga faktor utama,yaitu itu faktor manusia, faktor alam maupun alat. Kesalahan yang disebabkan oleh faktor manusia adalah kurang hati-hatian pengamat atau kurang perhatian pengamat, atau bisa juga pengamat belum mahir menggunakan alat. Pada penelitian kali ini,pengukuran tinggi jaring-jaring poligon tertutup dilakukan tiga kali yang dilakukan dengan membagi daerah pengukuran menjadi 3 ring, yaitu ring 1, ring 2 dan ring 3, hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan perbedaan tinggi yang teliti. Sedangkan untuk menghindari kesalahan sistematik yang disebabkan oleh alat maka pada penelitian ini Waterpass yang digunakan sudah dikalibrasi, rambu ukur masih dalam kondisi bagus,sebaliknya alat Theodolit yang digunakan masih dalam

keadaan cukup baru. Untuk mengeliminir kesalahan acak yang biasanya disebabkan oleh kondisi alam, maka pada penelitian ini juga dilakukan dengan cara tanah tempat didirikan alat dipilih yang tidak terlalu lunak, dan pada saat pengukuran kondisi angin tidak terlalu kencang sehingga tidak berpengaruh terhadap kestabilan alat.

Berdasarkan hasil penelitian, ternyata kesalahan yang terjadi pada alat Theodolit lebih besar dari kesalahan pengukuran tinggi dengan Waterpass, hal ini dimungkinkan disebabkan oleh:

1. Kesalahan dalam pengaturan alat
2. Kesalahan dalam pengukuran tinggi alat
3. Kesalahan dalam mengukur tinggi obyek yang dibidik
4. Penempatan alat maupun rambu tidak tepat diatas titik
5. Kesalahan pembacaan data, baik sudut horizontal maupun sudut vertikal

Theodolit dengan teropong yang dapat digerakkan dalam arah horizontal maupun vertikal digunakan dalam pengukuran sudut horizontal maupun sudut vertikal merupakan faktor penentu kesalahan yang perlu diperhitungkan, karena pengukuran beda tinggi dengan Theodolit digunakan rumus sudut vertikal. Ketidaktelitian dalam pengukuran sudut vertikal akan berpengaruh pada hasil beda tinggi. Prinsip kerja pengukuran tinggi pada Theodolit menggunakan prinsip trigonometri dengan pengukuran sudut vertikal, jarak horizontal. Pada pengukuran tinggi dengan Theodolit, tinggi dihitung dengan rumus Takhimetri. Dalam hal ini tentu saja kesalahan pengamatan sudut vertikal pada Theodolit sangat berpengaruh terhadap hasil ukuran tinggi. Tidak seperti Waterpass, kedudukan teropong hanya dapat digerakkan pada arah horizontal, tidak dapat digerakkan pada arah vertikal, sehingga kesalahan dalam pengukuran tinggi sangat mungkin lebih kecil dari Theodolit atau kesalahannya sangat mungkin kecil sekali.

#### **4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil pengukuran tinggi yang dilakukan, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Pengukuran dengan alat waterpass mempunyai kesalahan penutup tinggi yang lebih kecil dibandingkan dengan kesalahan penutup tinggi yang dilakukan dengan alat Theodolit.
2. Standard deviasi untuk pengukuran tinggi dengan Waterpass berkisar 1 mm, sedangkan standard deviasi pengukuran dengan Theodolit berkisar 2 cm.
3. Secara garis besar ketelitian untuk pengukuran tinggi dengan alat Theodolit ini cukup teliti sehingga untuk keperluan pekerjaan rekayasa yang tidak memerlukan ketelitian yang tinggi, alat Theodolit dapat digunakan mengingat ketelitian yang tidak terlalu jauh dengan alat Waterpass. Hal ini juga dapat mengakibatkan efisiensi waktu dalam pelaksanaan pekerjaan.
4. Pengukuran tinggi lebih baik dilakukan di daerah yang beda tinggi rendahnya relative besar dan areanya relative luas.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Agnes Sri Mulyani dan Tampubolon, S., (2015), Analisa Ketelitian Pengukuran Tinggi Dengan Menggunakan Total Station dan Sipat Datar, Studi Kasus Daerah Ciloto, Puncak-Jawa Barat
- Amin Widada (2006), Analisa Komparatif Penentuan Tinggi Dengan GPS dan Sipat Datar, Jurnal Ilmiah Geomatika Volume 12 Nomer 1, Agustus 2006 (halaman 1-10)
- Basuki, Slamet (2011), Ilmu Ukur Tanah, Edisi Revisi, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Fajriyanto (2009), Studi Komparatif Pemakaian GPS Metode Real Time Kinetic (RTK) dengan Total Station (TS) Untuk Penentuan Posisi Horizontal, Jurnal Rekayasa volume 13 no 2 (halaman 132-140), Bogor
- Ispen Safrel (2010), Evaluasi Titik Kontrol Tinggi Universitas Negeri Semarang Dengan Metode Pengukuran Kerangka Dasar Vertikal Bench Mark (BM), Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan Nomer 2 Volume 12, Juli 2010 halaman 141-150, Semarang
- Paul R. Wolf, 1980, Adjustment Computations, 2<sup>nd</sup> Edition, Edisi Indonesia-Edisi Mahasiswa, Penerbit Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITB, Bandung