



Laporan Akhir Penelitian

Analisa Ketelitian

Pengukuran Tinggi Dengan Menggunakan *Total Station* dan
Sipat Datar Studi Kasus Daerah Ciloto, Puncak-Jawa Barat

Oleh

1. Agnes Sri Mulyani
2. Sudarno P. Tampubolon

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Kristen Indonesia
Jakarta 2015

Ucapan Terimakasih

Puji dan syukur penulis ucapkan atas karunia Tuhan Yesus Kristus sehingga laporan penelitian ini selesai. Laporan penelitian ini dapat selesai atas bantuan beberapa pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Universitas Kristen Indonesia yang sudah memberikan dana untuk penelitian ini.
2. Kepala LPPMB UKI
3. Dekan FT UKI
4. Kepala Program Studi Teknik Sipil FT UKI
5. Mahasiswa jurusan Teknik Sipil angkatan 2013/2014

Penulis sadar bahwa tulisan ini belum sempurna, untuk itu kritik dan saran yang membangun tentu akan penulis terima dengan senang hati demi kesempurnaan tulisan ini.

Jakarta, 31 Agustus 2015

Penulis

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ketelitian pengukuran tinggi dengan alat *Waterpass* dan *Total Station*. Lokasi penelitian dilakukan di daerah Ciloto, Puncak Jawa Barat pada tanggal 14 dan 15 Desember 2014.

Metode yang digunakan adalah pengukuran beda tinggi dengan ring tertutup menggunakan *Waterpass B2* dan *Total Station Kolida 420SR*. 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 9 mm, 4 mm dan 9 mm. Sedangkan kesalahan penutup tinggi dengan *Total Station* masing-masing adalah..... Standard deviasi beda tinggi dengan *Waterpass* adalah.....sedangkan dengan *Total Station* Kesimpulan yang dapat diambil adalah *Total Station Kolida 420SR* dapat digunakan untuk pengukuran tinggi pada pekerjaan yang tidak dituntut ketelitian yang sangat tinggi.

Daftar Isi

Bab	Judul	Halaman
	Halaman judul	i
	Ucapan Terimakasih	ii
	Abstrak	iii
	Daftar Isi	iv
	Daftar Tabel	vi
	Daftar Gambar	vii
	Daftar Singkatan	viii
I	Pendahuluan	1
	I. 1 .Latar Belakang Masalah	1
	I. 2. Dasar Pemilihan Metode Penelitian	1
	I. 3. Pembatasan Masalah	2
	I. 4. Alat Yang Digunakan	2
	I. 5. Tujuan Penelitian	2
	I. 6. Manfaat Penelitian	2
	I. 7. Sistematika penelitian	2
II	Tinjauan Pustaka	4
	II. 1. Waterpassing	4
	II. 2. Teori Hitung Perataan	7
	II. 3. Total Station	8
	II. 4. Waterpass	9
III	Metodologi	10
	III. 1. Metode Penelitian	10
	III. 2. Pelaksanaan Penelitian	10

	III. 3. Bahan dan Alat Yang Digunakan Untuk Penelitian	11
IV	Analisa dan Diskusi	12
	IV. 1. Hasil Hitungan Sipat Datar	12
	IV. 2. Hasil Hitung Perataan	16
	IV. 3. Perataan Data Sipat Datar	17
	IV. 4. Hitungan Perataan data Total Station	19
	IV. 5. Hasil Kesalahan Pengukuran Tinggi	21
V	Kesimpulan dan Saran	23
	Daftar Pustaka	24

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
4.1	Hasil Hitungan Sipat Datar Ring 1	12
4.2	Hasil Hitungan Sipat Datar Ring 2	13
4.3	Hasil Hitungan Sipat Datar Ring 3	14
4.4	Tabel Perhitungan Poligon Tertutup	15
4.5	Tabel Kesalahan penutup Tinggi	21

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
2.1	Pengukuran Tinggi Dengan Waterpassing	4
2.2	Pengukuran Dengan Sipat Datar Berantai/Memanjang	5
2.3	Total Station Type 420 SR	9
2.4	Waterpass	9
3.1	Sketsa Daerah Pengukuran	10

DAFTAR SINGKATAN

GPS	Global Positioning System
RTK	Real Kinetik Time
EDM	Electronic Distance Measurement
ATR	Automatic Target Recognition
PC	Personal Computer

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Penentuan tinggi titik-titik di permukaan bumi dapat dilakukan dengan berbagai cara, mulai dari metode yang mempunyai ketelitian yang paling rendah, yaitu barometrik, trigonometrik, takhimetrik, penentuan tinggi dengan GPS (Global Positioning System), maupun dengan metode sipat datar. Pengukuran tinggi di bidang teknik sipil sangat diperlukan untuk berbagai macam pekerjaan, misalnya pembuatan jalan raya, jalan kereta api, dermaga, pelabuhan, lapangan terbang, bendung serta pekerjaan pembangunan gedung atau pekerjaan lainnya.

Dengan banyaknya pilihan metode dan peralatan yang tersedia, diharapkan pelaksanaan pengukuran dapat dilakukan dengan baik, sesuai dengan ketelitian yang disyaratkan serta pertimbangan efisiensi waktu dan tenaga dan biaya. Pelaksana pekerjaan diharapkan akan dengan teliti dan seksama dalam memutuskan metode dan alat apa yang akan digunakan dalam melaksanakan pekerjaannya. Keputusan yang tepat seharusnya diambil dengan mempertimbangkan waktu dan biaya yang seefisien mungkin tanpa harus mengesampingkan faktor ketelitian.

I.2. Dasar Pemilihan Metode Penelitian

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 karena hanya memerlukan waktu kira-kira $\frac{1}{6}$ dibandingkan pengukuran dengan menggunakan metode sipat datar. Fajriyanto (2009) dalam penelitiannya menyatakan bahwa 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, hasilnya 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.

Sedangkan pada penelitian ini dilakukan suatu pengukuran tinggi dengan menggunakan alat *Total Station* Kolida type 420SR yang dibandingkan dengan sipat datar jenis B2. Pemilihan metode ini dilakukan dengan didasari oleh beberapa hal sebagai berikut:

1. Mengetahui ketelitian dan keakuratan alat *Total station* untuk pekerjaan pengukuran tinggi, kemudian hasilnya dibandingkan dengan pengukuran tinggi yang dilakukan dengan cara sipat datar.
2. Keterbatasan sumberdaya manusia, peralatan, dan waktu.
3. Mengetahui efisiensi alat *Total station* yang digunakan untuk pengukuran tinggi jika dibandingkan dengan cara sipat datar.

I.3. Pembatasan Masalah

Mengingat keterbatasan kesempatan dan biaya, maka luasan pada daerah penelitian ini hanya sekitar 2200m². Daerah yang diteliti dipetakan dan diukur perbedaan tingginya menggunakan sipat datar dan Theodolit Total Station.

I.4. Alat Yang Digunakan

Pada penelitian ini alat yang digunakan adalah:

- a. Theodolit Total Station KT 4401/S Series
- b. Waterpass

I.5. Tujuan Penelitian

Berdasarkan teorinya, sipat datar merupakan metode pengukuran beda tinggi yang paling teliti dibandingkan dengan metode lainnya. Biasanya pemilihan metode 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.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat ketelitian pengukuran beda tinggi yang dilakukan dengan alat Total Station serta efisiensi waktu pelaksanaan pekerjaan jika pekerjaan yang sama dilakukan dengan alat sipat datar. Adapun *Total station* yang digunakan pada rencana penelitian ini adalah jenis Kolida dengan type 420SR dan dibandingkan dengan Waterpass Topcon B2.

I.6. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang dilakukan kali ini adalah untuk memberi masukan kepada pelaksana teknis di lapangan dalam melaksanakan pekerjaannya tentang seberapa jauh ketelitian Theodolit total station dapat digunakan untuk pengukuran beda tinggi serta waktu yang diperlukan jika pekerjaan tersebut dilaksanakan dengan alat sipat datar, sehingga diharapkan dapat memberikan kontribusi kepada para pelaksana di lapangan dalam pemilihan metode maupun peralatan yang digunakan.

I.7. Sistematika Penulisan

Sistematikan penulisan pada penelitian ini terdiri dari 4 bab dengan rincian sebagai berikut:

Bab I berisi tentang:

- a. Latar Belakang Masalah
- b. Dasar Pemilihan Metode Penelitian
- c. Pembatasan Masalah
- d. Manfaat Penelitian

e. Sistematika Penulisan

Bab II berisi tentang:

- a. Teori Sipat Datar
- b. Teori Hitung Perataan
- c. Spesifikasi Alat Total Station dan Waterpass

Bab III berisi tentang metode penelitian yang digunakan

Bab IV berisi tentang cara pengumpulan data penelitian

Bab V berisi tentang analisa dan diskusi

Bab VI berisi tentang kesimpulan dan saran

Pada bagian akhir terdapat daftar pustaka yang dipakai dalam referensi penelitian ini, dan juga lampiran gambar atau peta daerah penelitian

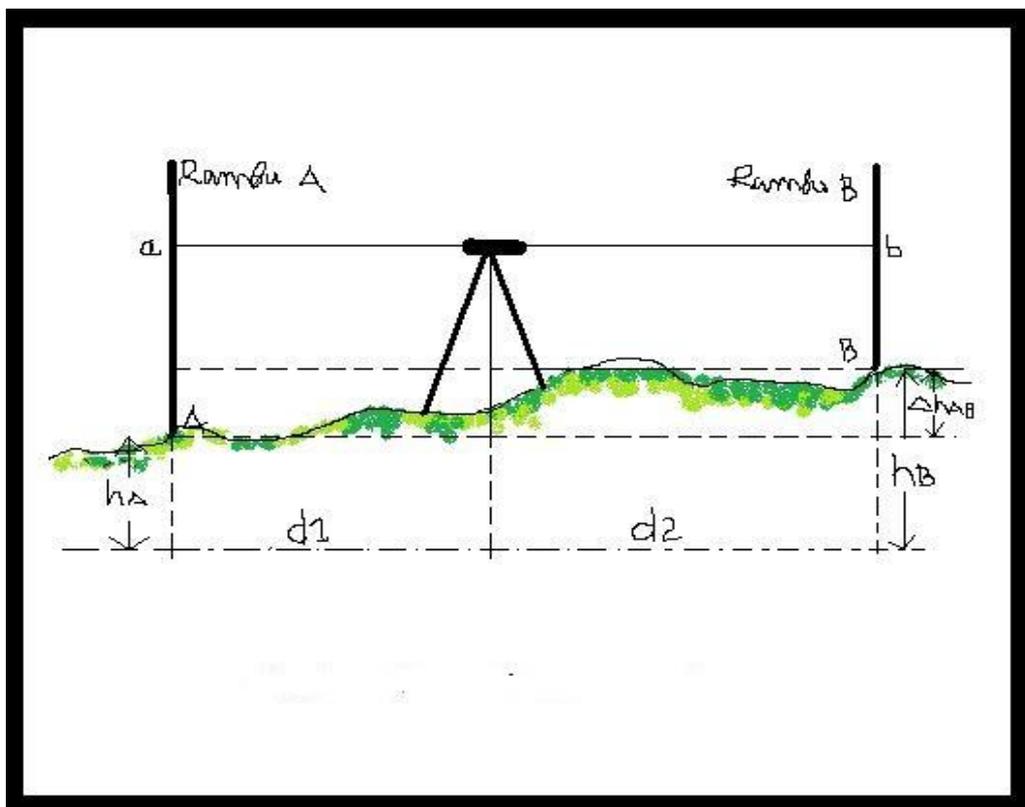
BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Waterpassing

Sampai saat ini, pengukuran tinggi dengan metode sipat datar atau waterpassing adalah cara yang paling teliti dibanding dengan cara yang lain. Tinggi suatu obyek di permukaan bumi ditentukan dari suatu bidang referensi, yang ketinggiannya dianggap nol. Di bidang Geodesi bidang referensi tersebut disebut 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 pengukuran tinggi, alat yang didirikan diatas suatu titik di permukaan bumi selalu searah dengan gaya berat. Beda tinggi antara dua titik di permukaan bumi dihitung berdasarkan selisih antara pembacaan benang tengah antara dua rambu dengan menggunakan peralatan Waterpass yang dilengkapi dengan tripot, rambu ukur dan meteran. Adapun prinsip dasar pengukuran tinggi dengan Waterpass untuk mengukur beda tinggi antara dua buah titik di permukaan bumi misalnya titik A dan titik B diperlihatkan pada gambar 2.1. dengan keterangan sebagai berikut:

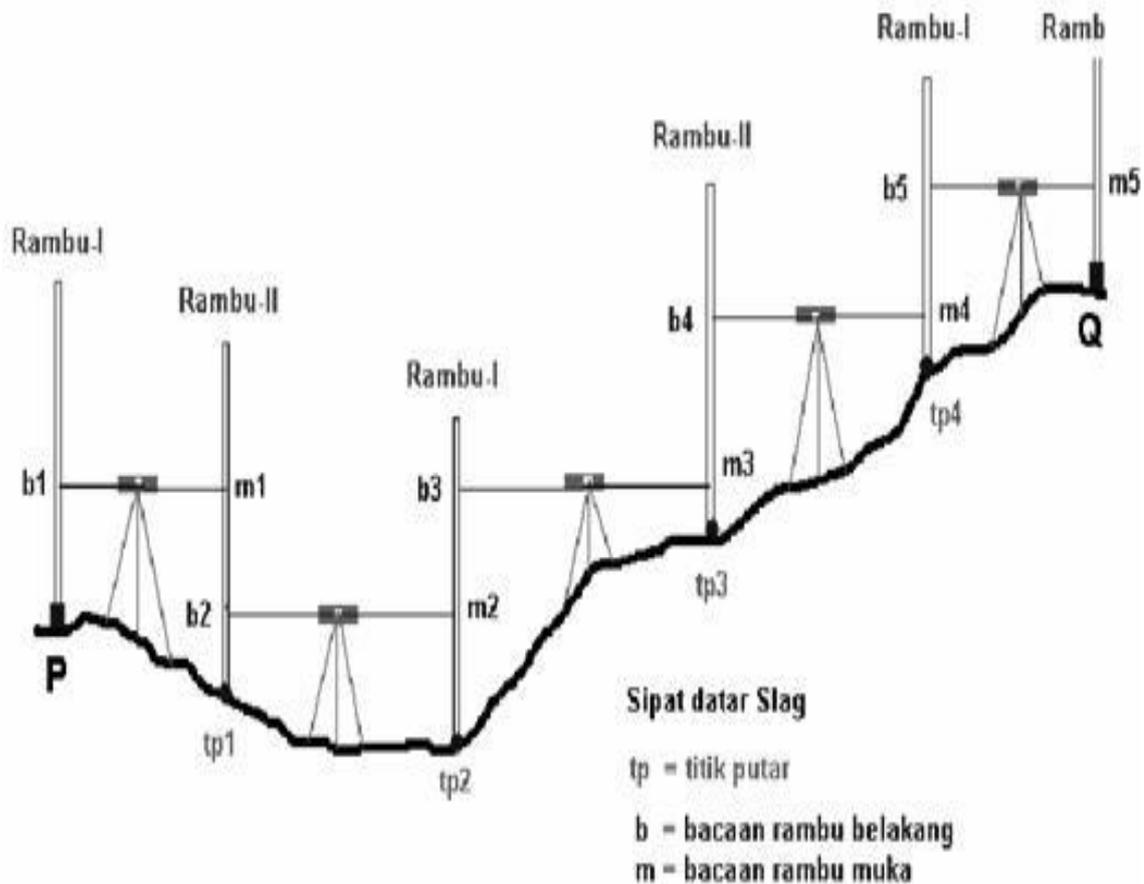
- a. Alat Waterpass didirikan ditengah-tengah antara dua titik A dan B (jarak antara Waterpass ke tiap titik A dan B kira-kira 60m).
- b. Rambu A didirikan secara vertical di titik A.
- c. Rambu B didirikan secara vertical di titik B.
- d. Teropong diarahkan ke rambu A, dibaca benang tengahnya, misalnya a.
- e. Teropong diarahkan ke rambu B, dibaca benang tengahnya, misalnya b.
- f. Beda tinggi(Δh) antara titik A dan titik B dihitung sesuai dengan persamaan [2.1] dibawah ini:

$$\Delta h_{AB} = a - b \quad \dots\dots\dots [2.1]$$



Gambar2.1: Pengukuran dengan cara Waterpassing atau Sipat Datar

Apabila dua buah tempat yang akan diukur beda tingginya mempunyai jarak yang panjang sehingga tidak dapat diukur hanya dengan sekali mendirikan alat, maka pengukuran harus dilakukan dengan beberapa kali mendirikan alat seperti pada gambar 2.2. Pengukuran sipat datar demikian disebut pengukuran sipat datar memanjang atau berantai. Apabila pada pengukuran sipat datar memanjang dikehendaki data tinggi titik-titik dalam arah melintang, maka pengukuran sipat datar memanjang akan diikuti pengukuran sipat datar melintang. Untuk keperluan pekerjaan Teknik Sipil, maka gambar akan disajikan dalam profil memanjang dan profil melintang. Adapun pelaksanaan pengukuran beda tinggi (Δh) antara titik P dan Q yang merupakan sipat datar memanjang adalah sebagai berikut:



Gambar 2.2: Pengukuran dengan cara sipat datar berantai/memanjang

- a. Pengukuran ke-1: Waterpass diletakkan ditengah-tengah antara titik P dan titik tp1. Di titik P didirikan rambu 1 secara vertikal, dan di titik tp1 didirikan rambu 2 secara vertikal. Dibidik rambu 1, bacaannya adalah b1 kemudian dibidik rambu 2 bacaannya adalah m1
- b. Pengukuran ke 2: Waterpass diletakkan ditengah-tengah antara titik tp1 dan titik tp2. Di titik tp1 rambu 2 tetap, sedangkan di titik tp2 didirikan rambu1 (pindahan rambu1 dari titik P). Dibidik rambu 2 di tp1, bacaannya adalah b2 kemudian dibidik rambu 1 di titik tp2 bacaannya adalah m2.
- c. Pengukuran ke 3: Waterpass didirikan diantara titik tp2 dan titik tp3. Di titik tp2 terdapat rambu 1, di titik tp3 didirikan rambu 2 (pindahan dari tp1) yang didirikan secara vertikal. Dibidik rambu 1 di titik tp2, bacaannya adalah b3, dan dibidik rambu 2 pada titik tp3, bacaannya adalah m3.
- d. Pengukuran ke 4: Waterpass didirikan diantara titik tp3 dan titik tp4. Di titik tp3 terdapat rambu 2, di titik tp4 didirikan rambu 1 (pindahan dari tp2) yang didirikan secara vertikal. Dibidik rambu 2 di titik tp3, bacaannya adalah b4, dan dibidik rambu 2 pada titik tp4, bacaannya adalah m4.
- e. Pengukuran ke 5: Waterpass didirikan diantara titik tp4 dan titik Q. Di titik tp4 terdapat rambu 1, di titik Q didirikan rambu 2 (pindahan dari tp3) yang didirikan secara vertikal. Dibidik rambu 1 di titik tp4, bacaannya adalah b5, dan dibidik rambu 2 pada titik Q, bacaannya adalah m5.
- f. Perhitungan beda tinggi(Δh) ditentukan sesuai persamaan [2.2], [2.3] dan [2.4] sebagai berikut:

Rumus 1	: $\Delta t = \Sigma b - \Sigma m$	[2.2]
Rumus 2	: $\Delta t = \Sigma(+)-\Sigma(-)$	[2.3]
Rumus 3	: $\Delta t = \text{tinggi titik akhir} - \text{tinggi titik awal}$	[2.4]

Keterangan:

- Δt = beda tinggi
- Σb = jumlah pembacaan belakang
- Σm = jumlah pembacaan depan
- $\Sigma(+)$ = jumlah beda tinggi (+)
- $\Sigma(-)$ = jumlah beda tinggi (-)

Untuk pengukuran dengan loop tertutup (rangkaian atau sirkuit tertutup), maka kesalahan penutup tinggi (fh), yaitu selisih antara tinggi titik awal yang diketahui dengan tinggi titik awal hasil hitungan harus lebih kecil dari kesalahan penutup tinggi yang sudah ditetapkan. Apabila fh hasil ukuran lebih besar dari fh yang ditentukan, maka pengukuran harus diulang kembali. Secara prinsip, hitungan untuk rangkaian tertutup sama dengan hitungan rangkaian terbuka, hanya pada rangkaian tertutup diperlukan adanya koreksi tinggi supaya terjadi perataan kesalahan. Hitungan tinggi titik-titik pada rangkaian tertutup dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Menghitung beda tinggi antara 2 titik dengan cara :

$$Dh = BT_B - BT_M$$

- Menghitung tinggi sementara masing-masing titik dengan cara :

$$H_{Sn} = H_{Sn-1} + dh$$

Menghitung kesalahan penutup tinggi, yaitu beda tinggi antara titik awal yang diketahui dengan tinggi titik awal yang dihitung

- Menghitung koreksi dengan cara $Kn = \frac{d_{kum}}{\sum d}$

- Menghitung tinggi tetap masing-masing titik dengan cara : $H_{Tn} = H_{Sn} + Kn$

Keterangan :

Dh : beda tinggi antara dua titik

BT_B : benang tengah belakang

BT_M : benang tangan depan

H_{Sn} : tinggi sementara titik ke n

H_{Sn-1} : tinggi sementara titik ke n-1

Kn : koreksi di titik n

D_{kum} : jarak kumulatif dari titik awal ke titik n

$\sum d$: jarak total dari titik awal kembali ke titik awal

H_{Tn} : tinggi tetap titik ke n

II.2. Teori Hitung Perataan

Pada hakikatnya 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. 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 geometriknnya (Wolf,1980). Syarat geometrik 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)

$$B(L + V) = C \quad \dots\dots\dots [2.5]$$

$$BL + BV = C \quad \dots\dots\dots [2.6]$$

$$BV = C - BL \quad \dots\dots\dots [2.7]$$

$$C - BL = W \quad \dots\dots\dots [2.8]$$

$$BV = W \quad \dots\dots\dots [2.9]$$

$$V = B^T (B \cdot B^T)^{-1} W \quad \dots\dots\dots [2.10]$$

Standard deviasi :
$$S_o = \sqrt{\frac{\sum p v^2}{n-1}} \dots\dots\dots [2.11]$$

Keterangan:

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

II.3. Total Station

Total station adalah alat ukur sudut dan jarak yang terintegrasi dalam satu unit alat. Total station juga sudah dilengkapi dengan processor sehingga bisa menghitung jarak datar, koordinat dan beda tinggi secara langsung. Hasil ukuran dengan alat Total station dari lapangan akan ditampilkan pada layar yang ada. Secara garis besar alat Total Station dapat diuraikan berikut :

1. Total Station merupakan peralatan elektronik untuk mengukur sudut dan jarak (EDM: *Electronic Distance Measurement*) yang menyatu dalam satu unit alat.
2. Data dapat disimpan dalam media perekam yang berupa on-board internal, external (*elect field book*) atau berupa Card sehingga tidak ada kesalahan dalam pencatatan data.
3. Mampu melakukan beberapa hitungan, misalnya jarak datar, beda tinggi, dan lainnya di dalam, dan juga mampu menjalankan program-program survey, misalnya: orientasi arah, *setting out*, hitungan luas.
4. Untuk type “*high end*” ada yang dilengkapi dengan motor penggerak dan dilengkapi dengan ATR-*Automatic Target Recognition* yaitu pengenalan obyek otomatis (prisma).
5. Pada type tertentu mampu mengeliminir kesalahan-kesalahan kolimasi H_z dan V, kesalahan diametral, koreksi refraksi dan lainnya sehingga data yang didapat sangat akurat.
6. Ketelitian dan kecepatan dalam pengukuran, sudut dan jarak jauh lebih baik dari Theodolit manual dan meteran, terutama apabila digunakan untuk pemetaan situasi.
7. Alat yang baru dilengkapi dengan laser *Plummet*, sangat praktis dan Reflektor-less, yaitu EDM tanpa reflektor.
8. Data secara elektronis dapat dikirim ke PC (Personal Computer) dan diolah menjadi peta dengan program *mapping software*.



Gambar 2.3: Total Station KT 440LR Series

II.4. Waterpass

Waterpass adalah alat ukur beda ketinggian dari satu titik acuan ke acuan berikutnya. Waterpass ini dilengkapi dengan kaca dan gelembung kecil di dalamnya. Untuk mengecek apakah waterpass telah terpasang dengan benar, maka perlu diperhatikan gelembung di dalam kaca berbentuk bulat. Apabila gelembung tepat berada di tengah, berarti waterpass telah terpasang dengan benar. Pada waterpass, terdapat lensa untuk melihat sasaran bidik. Dalam lensa, terdapat tanda panah menyerupai ordinat (koordinat kartesius). Angka pada sasaran bidik akan terbaca dengan melakukan pengaturan fokus lensa.



Gambar 2.4. Waterpass

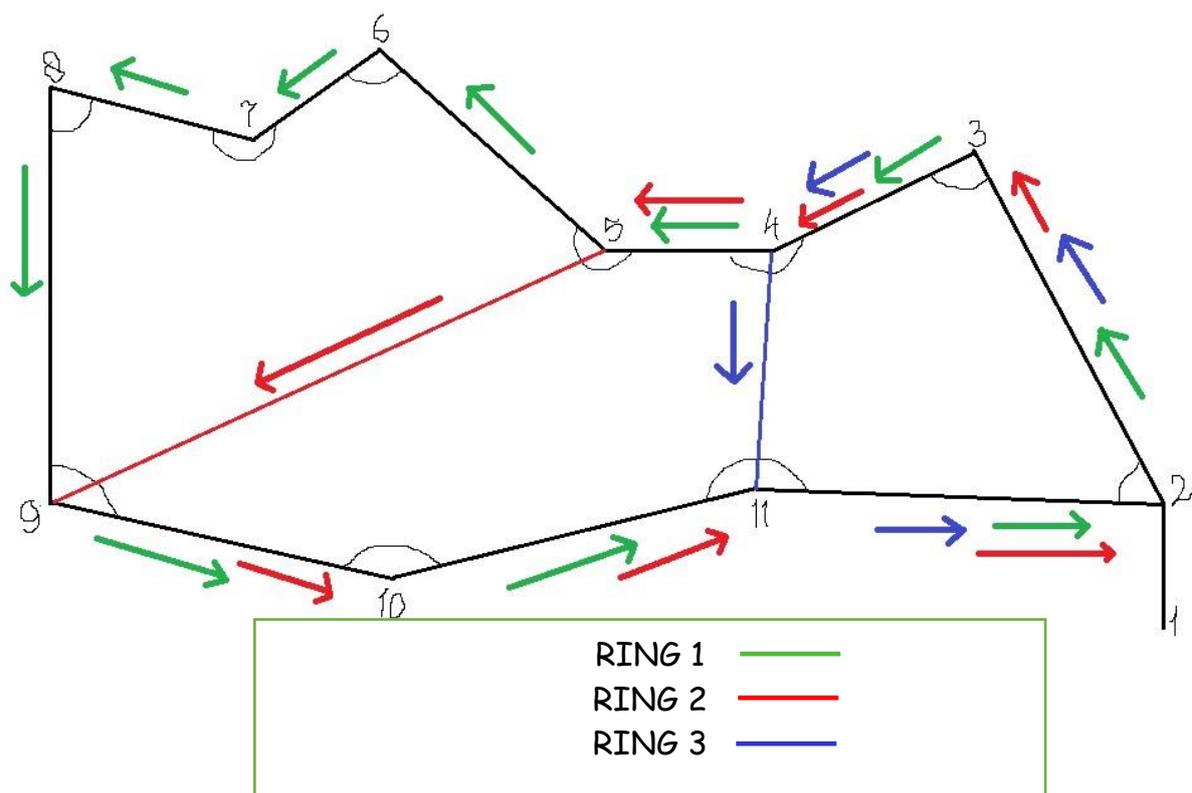
BAB III METODOLOGI

III.1. Metode Penelitian

Pada penelitian ini dibuat suatu jaring sipat datar sederhana tertutup yang diukur dengan waterpass dan Theodolit Total Station. Kemudian hasil perhitungan dengan kedua alat dibandingkan dan dihitung standard deviasinya untuk mendapatkan ketelitian pengukuran beda tingginya.

III.2. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Ciloto, Puncak Jawa Barat dengan koordinat 107° bujur timur dan 06° lintang selatan, pada tanggal 14 dan 15 Desember 2014 dengan menggunakan jaring sipat datar tertutup dan menggunakan titik tinggi lokal. Adapun bentuk jaring tersebut adalah:



Gambar 3. 1 Sketsa Pengukuran

Pengukuran dibagi menjadi tiga ring atau sirkuit, yaitu:

1. Ring 1 dimulai dari titik 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11, dan kembali ke 1
2. Ring 2 dimulai dari titik 2,3,4,5,9,10,11, dan kembali ke 1
3. Ring 3 dimulai dari titik 2,3,4,11 dan kembali ke 1

III.3. Bahan dan Alat Yang Digunakan Untuk Penelitian

1. Pada penelitian kali ini digunakan mesin hitung sebagai pengolah data, dan komputer untuk penggambaran.
2. Data pengukuran tinggi dengan Theodolit total station dan Waterpass
3. Waterpass + tripot
4. Total station + tripot
5. Yalon/anjir
6. Meteran
7. Formulir hitungan
8. Kertas gambar
9. Alat tulis

BAB IV
ANALISA DAN DISKUSI

IV.1. Hasil Hitungan Sipat Datar

Hasil hitungan sipat datar tertutup disajikan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 1 Hasil Hitungan Sipat Datar Ring 1

LOKASI : CILOTO, PUNCAK JAWA BARAT

TANGGAL : 12 Desember 2014

STA	TITIK	JARAK	RAMBU DEPAN			RAMBU BELAKANG			BEDA	TNGGI	KOREKSI	TINGGI	BEDA	TINGGI
	YG		BA	BB	BT	BA	BB	BT	TINGGI	SEMEN-		TETAP	TINGGI	DENGAN
	DIBIDIK	m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	WP (mm)	TARA(m)	mm	m	(TS)mm	TS
	2		1823	1792	1807									
	2					1000	927	963.5				1,389,000		1,389,000
B		16.69												
	3		1855	1764	1810					1,388,154				1,388,160
	3					1016	955	985.5				1,388,153		
C		14.51												
	4		1560	1477	1519									
	4					1057	1021	1039		1,387,621		1,387,619		1,387,620
D		6.09												
	5		1711	1688	1700									
	5					714	656	685		1,386,961		1,386,958		1,386,982
E		13.06												
	6		1546	1470	1508									
	6					1341	1305	1323		1,386,138		1,386,134		1,386,184
F		7.77												
	7		1395	1353	1374									
	7					1324	1290	1307		1,386,087		1,386,083		1,386,135
G		7.92												
	8		1391	1347	1369									
	8					1391	1303	1347		1,386,025		1,386,020		1,386,059
H		15.78												
	9		1395	1325	1360									
	9					1695	1632	1664		1,386,012		1,386,006		1,386,047
I		12.53												
	10		0654	0592	623									
	10					2100	2040	2070		1,387,053		1,387,046		1,387,100
J		16.22												
	11		1156	1056	1106									
	11					2217	2238	2227.5		1,388,017		1,388,009		1,388,041
K		7.32												
	2		1264	1207	1236					1,389,009		1,389,000		1,388,986
										fh=9mm				
		117.89												

HASIL HITUNGAN SIPAT DATAR RING 2

Tabel 4. 2. Hasil Hitungan Sipat Datar Ring 2

LOKASI : CILOTO, PUNCAK JAWA BARAT

TANGAL : 12 DESEMBER 2014

STA	TITIK YG DIBIDIK	JARAK m	RAMBU DEPAN			RAMBU BELAKANG			BEDA TINGGI WP (mm)	TNGGI SEMEN- TARA(m)	KOREKSI mm	TINGGI TETAP m	BEDA TINGGI (TS)mm	TINGGI TTK DENGAN TS
			BA mm	BB mm	BT mm	BA mm	BB Mm	BT mm						
	2					1000	927	963.5				1,389.000		1,389.000
B		16.69							-846				840	
	3		1855	1764	1809.5					1,388.154	-1.44	1,388.151		1,388.160
	3					1016	955	985.5						
C		14.51							-533				540	
	4		1560	1477	1518.5									
	4					1057	1021	1039		1,387.621	-2.7	1,387.619		1,387.620
D		6.09							-660.5				638	
	5		1711	1688	1699.5									
	5					79	733	406		1,386.960	-3.23	1,386.957		1,386.982
E		13.3							-949				890	
	9		1778	932	1355									
	9					1695	1632	1663.5		1,386.011	-4.38	1,386.007		1,386.092
F		12.53							1040.5				1,053	
	10		0654	0592	623									
	10					2100	2040	2070		1,387.052	-5.46	1,387.047		1,387.145
G		16.22							964				941	
	11		1156	1056	1106									
	11					2217	2238	2227.5		1,388.015	-6.1	1,388.009		1,388.086
H		7.32							992				945	
	2		1264	1207	1235.5					1,389.0075	-75	1,389.000		1,389.031
										fh=4mm				
		86.66												

HASIL HITUNGAN SIPAT DATAR RING 3

Tabel 4. 3. Hasil Hitungan Sipat Datar Ring 3

LOKASI : CILOTO, PUNCAK JAWA BARAT

TANGAL : 12 DESEMBER 2014

STA	TITIK YG DIBIDIK	JARAK m	RAMBU DPN			RAMBU BELAKANG			BEDA TINGGI WP(mm)	TINGGI SEMEN- TARA(m)	KOREKSI m	TINGGI TETAP m	BEDA TINGGI (TS)mm	TINGGI TTK DENGAN TS
			BA mm	BB Mm	BT mm	BA mm	BB mm	BT mm						
	2					1000	927	964				1,389.000		1,389.000
A		16.69							-846				-840	
	3		1855	1764	1810					1,388.154	0.0016	1,388.152		1,388.16
B	3					1016	955	986						
		14.51							-533				-540	
	4		1560	1477	1519									1,387.62
C	4					1690	1654	1618		1,387.621	0.003	1,387.618		
		7.32							392				404	
	11		1264	1188	1226					1,388.013	0.1926	1,387.862		1,388,024
D	11					2217	2238	2228						
		13.43							992				990	
	2		1264	1207	1236					1,389.005	0.005	1,389.005		1,389,014
		52												

Tabel 4. 4. Tabel Perhitungan Poligon Tertutup

Titik	Azimuth			Jarak m	d sin ψ (m)		d cos ψ (m)		Kordinat (m)	
	°	'	"		(+)	(-)	(+)	(-)	x	y
4									100	100
	133	17	58	6,086	4,43			4,17	4,43	-4,17
5						-0,01		-0,01	104,43	95,83
	189	51	4,35	13,061		2,23		12,87	-2,24	-12,88
6					-0,01			-0,01	102,19	82,95
	65	51	48	7,770	7,09			3,18	7,08	3,17
7						-0,01		-0,01	109,27	86,12
	184	18	43,5	7,920		0,60		7,90	-0,61	-7,91
8					-0,01			-0,01	108,66	78,21
	31	52	32	15,778	8,33			13,40	8,32	13,39
9						-0,01		-0,01	116,98	91,6
	326	39	21,5	12,520		6,88		10,45	-6,89	10,44
10								-0,01	110,09	102,04
	315	15	25	16,222		11,42		11,52	11,42	11,51
11									98,67	113,55
	317	12	57,5	7,3225		4,97		5,37	4,97	5,37
2								-0,01	93,7	118,92
	207	9	46	16,685		7,62		14,85	-7,62	-14,86
3					-0,01			-0,01	86,08	104,06
	106	13	85	14,508	13,93			4,05	13,92	-4,06
4									100	100
	133	17	58	6,086						
5										
<i>Total</i>					+33,78	-33,72	+43,92	-43,84		
<i>Rata-rata</i>					+33,75	-33,75	+43,88	-43,88		

IV.2. Hasil Hitung Perataan :

Proses hitung perataan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil sebagai berikut :
(Wolf,1980 halaman 167)

$$B(L + V) = C \quad \dots\dots\dots [4.1]$$

$$BL + BV = C \quad \dots\dots\dots [4.2]$$

$$BV = C - BL \quad \dots\dots\dots [4.3]$$

$$C - BL = W \quad \dots\dots\dots [4.4]$$

$$V = B^T (B \cdot B^T)^{-1} W \quad \dots\dots\dots [4.5]$$

$$\text{Standard deviasi : } S_o = \sqrt{\frac{\sum pv^2}{n-1}} \quad \dots\dots\dots [4.6]$$

Pada perataan jaring sipat datar diatas terdapat 12 jalur pengukuran dengan tinggi yang tidak diketahui 9 sehingga ada $12 - 9 = 3$ persamaan kondisi. Adapun persamaan kondisi yang bisa dibuat adalah:

$$(\ell_1 + v_1) + (\ell_2 + v_2) + (\ell_{12} + v_{12}) + (\ell_{10} + v_{10}) = 0,005$$

$$(\ell_1 + v_1) + (\ell_2 + v_2) + (\ell_3 + v_3) + (\ell_{11} + v_{11}) + (\ell_8 + v_8) + (\ell_9 + v_9) + (\ell_{10} + v_{10}) = 0$$

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

IV.3. Perataan Data Sipat Datar

Matriks B dapat dinyatakan dibawah ini

$$B = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Untuk matriks C adalah

$$C = \begin{vmatrix} 0,009 \\ 0,006 \\ 0,005 \end{vmatrix}$$

Sedangkan untuk matriks L adalah:

$$L = \begin{vmatrix} -0.846 \\ -0.533 \\ -0.661 \\ -0.823 \\ -0.051 \\ -0.062 \\ -0.013 \\ 1.042 \\ 0.966 \\ 0.99 \\ -0.954 \\ 0.434 \end{vmatrix} \quad W = \begin{vmatrix} 0 \\ 0.02 \\ 0.05 \end{vmatrix}$$

Sedangkan $B \times B^T$ adalah :

$$\begin{vmatrix} 10 & 6 & 3 \\ 6 & 7 & 3 \\ 3 & 3 & 4 \end{vmatrix}$$

Invers dari matriks $B \times B^T$ adalah

$$\begin{vmatrix} 0,208791 & -0,16484 & -0,03296703 \\ -0,16484 & 0,340659 & -0,13186813 \\ -0,03297 & -0,13187 & 0,37362637 \end{vmatrix}$$

$B^T \times (BB^T)^{-1}$ adalah :

$$\begin{pmatrix} 0,010981 & 0,043949 & 0,208791 \\ 0,010981 & 0,043949 & 0,208791 \\ 0,043951 & 0,175819 & -0,16484 \\ 0,208791 & -0,16484 & -0,03297 \\ 0,208791 & -0,16484 & -0,03297 \\ 0,208791 & -0,16484 & -0,03297 \\ 0,208791 & -0,16484 & -0,03297 \\ 0,043951 & 0,175819 & -0,16484 \\ 0,043951 & 0,175819 & -0,16484 \\ 0,010981 & 0,043949 & 0,208791 \\ -0,16484 & 0,340659 & -0,13187 \\ -0,03297 & -0,13187 & 0,373626 \end{pmatrix}$$

$$V = B^T \times (BB^T)^{-1} \times W$$

$$V = \begin{pmatrix} 0.011319 \\ 0.011319 \\ -0.00473 \\ -0.00495 \\ -0.00495 \\ -0.00495 \\ -0.00495 \\ -0.00473 \\ -0.00473 \\ 0.011319 \\ 0.00022 \\ 0.016044 \end{pmatrix}$$

Setelah dihitung dengan rumus [4.6], maka standard deviasi pengukuran dengan Waterpass adalah 0,009822881 mm atau 0,01 mm.

IV.4. Hitungan Perataan Data Total Station

Berikut ini hitungan perataan tinggi yang diperoleh dengan Total Station:

Matriks B dapat dinyatakan dibawah ini

$$B = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

Untuk matriks C adalah

$$C = \begin{vmatrix} -0.014 \\ 0.031 \\ 0.014 \end{vmatrix}$$

Sedangkan untuk matriks L adalah:

$$L = \begin{vmatrix} -0.84 \\ -0.54 \\ -0.638 \\ -0.798 \\ -0.049 \\ -0.076 \\ -0.012 \\ 1.053 \\ 0.941 \\ 0.953 \\ -0.89 \\ 0.404 \end{vmatrix} \quad W = \begin{vmatrix} -0.008 \\ -0.008 \\ 0.037 \end{vmatrix}$$

Sedangkan $B \times B^T$ adalah :

$$\begin{vmatrix} 10 & 6 & 3 \\ 6 & 7 & 3 \\ 3 & 3 & 4 \end{vmatrix}$$

Invers dari matriks $B \times B^T$ adalah

$$\begin{vmatrix} 0,208791 & -0,16484 & -0,03296703 \\ -0,16484 & 0,340659 & -0,13186813 \\ -0,03297 & -0,13187 & 0,37362637 \end{vmatrix}$$

$B^T \times (BB^T)^{-1}$ adalah :

$$\begin{pmatrix} 0,010981 & 0,043949 & 0,208791 \\ 0,010981 & 0,043949 & 0,208791 \\ 0,043951 & 0,175819 & -0,16484 \\ 0,208791 & -0,16484 & -0,03297 \\ 0,208791 & -0,16484 & -0,03297 \\ 0,208791 & -0,16484 & -0,03297 \\ 0,208791 & -0,16484 & -0,03297 \\ 0,043951 & 0,175819 & -0,16484 \\ 0,043951 & 0,175819 & -0,16484 \\ 0,010981 & 0,043949 & 0,208791 \\ -0,16484 & 0,340659 & -0,13187 \\ -0,03297 & -0,13187 & 0,373626 \end{pmatrix}$$

$$V = B^T \times (BB^T)^{-1} \times W$$

$$V = \begin{pmatrix} 0.007286 \\ 0.007286 \\ -0.00786 \\ -0.00157 \\ -0.00157 \\ -0.00157 \\ -0.00157 \\ -0.00786 \\ -0.00786 \\ 0.007286 \\ -0.00629 \\ 0.015143 \end{pmatrix}$$

Setelah dihitung dengan rumus [4.6], maka standard deviasi pengukuran dengan Total station adalah 0,018139 mm atau 0,02 mm.

IV. 5. Hasil Kesalahan Pengukuran Tinggi

Hasil kesalahan pengukuran tinggi dengan alat waterpass maupun Total Station disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4. 5 Hasil pengukuran kesalahan penutup tinggi dengan alat Waterpass dan Total Station

No	Ring	Alat	Kesalahan penutup tinggi (mm)
1	1	Waterpass	9
2	2	Theodolit Total Station	14
3	2	Waterpass	4
4	2	Theodolit Total Station	31
5	3	Waterpass	5
6	3	Theodolit Total Station	14

Berdasarkan hasil perhitungan yang disajikan pada tabel 4.5 diatas, terlihat bahwa pengukuran beda tinggi dengan alat waterpass mempunyai kesalahan penutup tinggi yang lebih kecil dibandingkan dengan kesalahan penutup tinggi dengan alat Total Station. Besarnya kesalahan dalam suatu pengukuran disebabkan oleh tiga faktor utama, yaitu faktor manusia, alam, dan alat. Kesalahan yang disebabkan oleh faktor manusia adalah kurang hati-hatian dari pengamat dalam penggunaan alat saat pengukuran dilapangan, atau bisa juga pengamat belum mahir dalam penggunaan alat. Biasanya untuk mengatasi hal ini, pelaksanaan pekerjaan pengukuran dilakukan beberapa kali dengan metode atau teknik tertentu, hal ini dilakukan agar jika ditemukan data yang terlalu menyimpang atau salah, segera dapat diketahui untuk dapat diperbaiki. Pada penelitian kali ini, pengukuran tinggi jaring-jaring poligon tertutup dilakukan tiga kali yang dibagi dalam ring 1, ring 2, dan ring 3. Hal ini dimaksudkan untuk mengeliminasi kesalahan akibat faktor manusia, sehingga diharapkan pekerjaan yang dilaksanakan mendapatkan hasil perbedaan tinggi yang teliti dan akurat.

Sedangkan untuk menghindari kesalahan sistematik yang disebabkan oleh alat maka pada penelitian ini digunakan alat Waterpass yang sudah dikalibrasi, rambu ukur masih dalam kondisi bagus, sedangkan alat total station yang digunakan masih dalam keadaan cukup baru.

Untuk mengeliminir kesalahan acak yang biasanya disebabkan oleh kondisi alam, maka pada penelitian ini juga dilakukan pemilihan tanah yang tidak terlalu lunak sebagai tempat didirikannya alat, dan pada saat pengukuran kondisi angin tidak terlalu kencang sehingga tidak berpengaruh terhadap kestabilan dari alat yang telah didirikan dilapangan..

Pada penelitian ini kesalahan yang terjadi dalam pengukuran tinggi dengan menggunakan alat total station lebih besar dari kesalahan pengukuran tinggi dengan menggunakan Waterpass, adapun hal yang mempengaruhinya adalah sebagai berikut:

1. Kesalahan dalam pengaturan alat
2. Kesalahan dalam pengukuran tinggi alat
3. kesalahan dalam mengukur tinggi reflektor
4. Penempatan alat maupun reflektor tidak tepat diatas titik
5. Kesalahan pencatatan data

Sedangkan hasil perhitungan Standard deviasi pengukuran tinggi dengan Waterpass sebesar 0.01 mm, dan standard deviasi pengukuran dengan Total station adalah 0.02 mm. Berdasarkan hasil tersebut, ketelitian pengukuran tinggi dengan menggunakan alat Waterpass lebih teliti dibandingkan dengan ketelitian menggunakan alat Total Station. Secara garis besar tingkat ketelitian pengukuran tinggi dengan alat Total Station sudah cukup sehingga untuk keperluan pekerjaan rekayasa yang tidak memerlukan ketelitian yang tinggi, alat Total station dapat digunakan mengingat bahwa ketelitian yang dihasilkan tidak terlalu jauh dari alat Waterpass. Pemilihan penggunaan alat Total Station ini juga sebagai salah satu faktor dalam rangka efisiensi waktu dan biaya dalam pelaksanaan pekerjaan sipil.

Disamping kondisi yang sudah dijelaskan tersebut diatas, penyebab kesalahan yang terjadi pada Total Station adalah kesalahan yang terjadi pada pembacaan sudut vertikal. Pada dasarnya Total Station merupakan alat seperti Theodolit dengan teropong yang dapat digerakkan dalam arah horizontal maupun vertikal. Pengukuran beda tinggi dengan Total Station menggunakan prinsip trigonometri dengan pengukuran sudut vertikal, jarak horizontal yang secara terintegrasi sudah dihitung dalam prosesor Total Station dan dihitung sebagai beda tinggi seperti pada prinsip Takhimetri. Dalam hal ini tentu saja kesalahan pengamatan sudut vertikal pada Total Station sangat berpengaruh terhadap hasil ukuran tinggi.

Tidak seperti alat 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 Total Station atau kesalahan pengukuran tinggi dengan Waterpass sangat kecil sekali.

Untuk segi pelaksanaan waktu pengukuran, untuk daerah seluas 2200m² pengukuran dengan Total Station hanya memerlukan waktu sekitar 4 jam, sedangkan pengukuran dengan Waterpass memerlukan waktu sekitar 16 jam. Jadi pengukuran dengan Total Station lebih efisien dari segi waktu dan tentu saja menyangkut masalah biaya yang akan di pergunakan dalam pekerjaan sipil dilapangan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melalui pengukuran dan perhitungan beda tinggi dengan studi kasus daerah Ciloto, Puncak Jawa Barat, maka:

V.1. Kesimpulan

1. Hasil pengukuran beda tinggi alat Waterpass lebih teliti dibanding dengan Total Station, hal ini dapat dilihat dari kesalahan penutup tinggi dengan Waterpass yaitu 9 mm, 4 mm dan 5 mm pada ring 1, ring 2, dan ring 3. Sedangkan kesalahan penutup tinggi pada Total Station 14 mm, 31 mm, 14 mm masing-masing pada ring 1, ring 2, dan ring 3. Standard deviasi dengan Waterpass 0,01 mm, sedangkan standard deviasi dengan Total Station 0.02mm.
2. Waktu pengukuran dengan menggunakan alat Total Station lebih efisien dibandingkan dengan alat Waterpass. Waktu yang diperlukan untuk pengukuran dengan menggunakan alat Total Station hanya $\frac{1}{4}$ kali dari waktu menggunakan alat Waterpass.

V.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka disarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian pada daerah yang lebih luas dengan kontur tanah yang lebih berbukit dan terdapat daerah datarnya juga, agar semakin kelihatan ketelitian dari alat Total station dan Waterpass.
2. Untuk pengukuran dengan luasan yang lebih dari 2200 m², untuk ringnya di lapangan harus di perbanyak, tujuannya untuk melihat ketelitian dari alat yang digunakan, dan kesalahan yang terjadi saat pengukuran dilapangan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Amin Widada (2006), Analisa Komparatif Penentuan Tinggi Dengan GPS dan Sipat Datar, Jurnal Ilmiah Geomatika Volume 12 Nomer 1, Agustus 2006 (halaman 1-10)
2. Basuki, Slamet (2011), Ilmu Ukur Tanah, Edisi Revisi, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
3. 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
4. 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
5. Paul R. Wolf, 1980, Adjustment Computations, 2nd Edition, Edisi Indonesia-Edisi Mahasiswa, Penerbit Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITB, Bandung
6. :<http://4.bp.blogspot.com/2XiJr1nO2Z8/TeB0jdbml3I/AAAAAAAAAGc/orpIW3FJwig/s1600/Un>
7. :http://4.bp.blogspot.com/_ZLPz_7fd7NA/TN9y9VSIJLI/AAAAAAAAACLE/5hpw6GKc0ko/s1600/S

RIWAYAT PENELITI

1. Nama : Ir. Agnes Sri Mulyani, M.Sc.
Jenjang akademik : Lektor
Pendidikan S1 : Jurusan Teknik Geodesi
Fakultas Teknik UGM
Pendidikan S2 : Interdisciplinary Natural Resources Development
and Management Program
Asian Institute of Technology Bangkok Thailand
- Riwayat Penelitian : 1. Ketelitian Perhitungan Luas Dengan Metode
Trapezoid Dibandingkan Dengan Metode
Simpson Studi Kasus Daerah Aliran Sungai
Kalibaru Kalurahan Cawang
2. Sudut Terbaik Untuk Posisi Titik
Dengan Metode Pemotongan Kebelakang
- Kontribusi dalam penelitian sekarang : Analisis dalam perbandingan metode pengukuran
tinggi dengan Total Station dan Waterpass.
3. Nama : Sudarno P. Tampubolon, ST.
Jenjang akademik : Tenaga Pengajar
Pendidikan S1 : Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik UKI
- Kontribusi dalam penelitian sekarang : Analisa metode pengukuran tinggi, gambar dengan
Total Station dan Waterpass.

