

Korelasi Perlakuan Lapang terhadap Galat Tereduksi Poligon Terbuka

Field Treatment Correlation to Opened Traverse Reduced Error

Didik Kuswadi, Kelik Istanto, Iskandar Zulkarnain

Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Lampung

Jl. Soekarno-Hatta No. 10, Rajabasa, Bandar Lampung

ABSTRACT

The surveyor often apply unreferenced opened traverse method in basic framework surveying defined, especially, surveying which emphasized in long trace surveying. The objectives of this research are (1) Define procedure in unreferenced opened traverse in order that it may be corrected and (2) Predict similar nomenclature coordinates deviation value of unreferenced opened traverse and unreferenced one with treatments. Geometric approach as treatment was given in four points of unreferenced opened traverse by reading ruler marks, horizontal, and vertical angels which referenced to prior point and prior one with defined interval. The both computation result show that the treatment done able to reduce similar nomenclature coordinates deviation of unreferenced opened traverse to closure traverse. Systematic errors reduced was defined as reducing area which made by unreferenced opened traverse coordinates and it one with treatment to closure traverse. The reduce value was 42,888 m² to 28, 326 m² or in percent the systematic errors reduced was 33,95 %.

Keywords: field treatment, traverse, systematic errors reduced

Naskah ini diterima pada tanggal 8 Juni 2011, direvisi pada tanggal 17 Juni 2011 dan disetujui untuk diterbitkan pada tanggal 15 Agustus 2011

PENDAHULUAN

Pemetaan merupakan kegiatan pendukung rekayasa yang turut menentukan kehandalan hasil perencanaan, pelaksanaan, pengawasan, operasi, dan pemeliharaan. Ketepatan pengukuran akan sangat membantu, terutama perencana, pelaksana, dan pengawas dalam menyelesaikan pekerjaannya dengan baik. Ketepatan pengukuran dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah ketepatan kerangka dasar.

Kerangka dasar adalah sejumlah titik yang diketahui koordinatnya dalam sistem tertentu yang mempunyai fungsi sebagai pengikat dan pengontrol ukuran baru. Mengingat fungsinya, titik-titik kerangka dasar harus ditempatkan menyebar merata di seluruh daerah yang akan dipetakan dengan kerapatan tertentu. Muhamadi (2004) menjelaskan bahwa kerangka dasar adalah sejumlah

titik yang diketahui koordinatnya dalam sistem tertentu yang mempunyai fungsi sebagai pengikat dan pengontrol ukuran baru.

Untuk pemetaan daerah kecil, penyelenggaraan titik-titik kerangka dasar umumnya digunakan metode poligon. Karena metode poligon dapat menyesuaikan dengan keadaan lapangan dan ketelitiannya dapat memadai, terutama poligon tertutup dan terbuka terikat sempurna, untuk pemetaan topografi. Poligon adalah serangkaian garis berurutan yang menghubungkan titik-titik yang terletak di permukaan bumi. Secara umum poligon dibedakan menjadi 3 (tiga) jenis, yaitu poligon tertutup, terbuka terikat sempurna, dan poligon terbuka tidak terikat (Muhamadi, 2004)

Namun pada kondisi tertentu, dalam kegiatan pengukuran, penerapan metode poligon tertutup dan terbuka terikat sempurna tidak mutlak dapat dilakukan karena berbagai keterbatasan seperti peralatan, waktu, kondisi lokasi, dan sebagainya. Kondisi ini sering terjadi saat pengukuran saluran, jaringan pipa, jaringan jalan, dan pengukuran lain yang menitikberatkan pada pengukuran trase memanjang. Dalam pengukuran tersebut, juru ukur seringkali menerapkan metode poligon terbuka tidak terikat tanpa koreksi yang pada akhirnya akan memberikan hasil pengukuran kurang memuaskan. Poligon terbuka tidak terikat merupakan serangkaian garis berurutan yang terikat di satu titik sehingga tidak dapat dikoreksi, tanpa perlakuan tertentu. Perlakuan tertentu, pendekatan geometri, perlu diberikan agar hasil pengukuran dengan poligon terbuka tidak terikat dapat dikoreksi dan diharapkan galat sistematik dapat tereduksi.

Menurut Brinker (1993), ketelitian pengukuran tergantung pada ukuran pembagian skala, kehandalan peralatan yang dipakai, dan batas kemampuan manusia dalam menginterpolasi. dengan demikian dapat dinyatakan bahwa tidak ada pengukuran yang tepat, setiap pengukuran mengandung galat, harga sebenarnya dari suatu pengukuran tidak pernah diketahui, dan galat tepat yang ada tidak pernah diketahui. Brinker (1993) membagi galat dalam 2 (dua) jenis, yaitu: galat sistematik yakni galat yang tunduk pada kaidah-kaidah matematika/fisika yang pengaruhnya dapat dihilangkan dengan melakukan koreksi dan galat acak yang disebabkan oleh faktor-faktor di luar kekuasaan si pengamat, tunduk pada kaidah kementakan (*probability*). Disamping kedua jenis galat tersebut, dalam pengukuran memungkinkan terjadi galat kasar yang timbul akibat kekeliruan yang berat, namun galat tersebut dapat dihindarkan jika pengukuran dilakukan dengan teliti (Frick, 2006).

Secara geometrik, poligon tertutup dan terbuka terikat sempurna memiliki syarat penutup sudut poligon yang dapat dijelaskan bahwa jumlah sudut-sudut diukur sama dengan selisih sudut jurusan akhir dan sudut jurusan awal ditambah dengan kelipatan dari seratus delapan puluh. Selain itu harus memenuhi persyaratan absis (ΔX) dan ordinat (ΔY). Persyaratan absis dan ordinat dapat dijelaskan bahwa jumlah absis harus sama dengan selisih absis titik akhir dengan absis titik awal poligon dan jumlah ordinat harus sama dengan selisih ordinat titik akhir dengan ordinat titik awal poligon (Wongsotjitra, 1985).

Brinker (1993) merekomendasikan toleransi penutup sudut sebagai berikut :

$$f\beta \leq K\sqrt{n} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan :

K = skala terkecil bacaan sudut pada alat ukur

n = jumlah sudut

Kesalahan penutup sudut ($f\beta$) dibagi rata kepada sudut–sudut. Tetapi adakalanya $f\beta$ tidak dapat dibagi habis dengan banyaknya sudut. Maka koreksi sudut yang berlainan dengan koreksi yang telah dibulatkan diberikan kepada sudut poligon yang mempunyai kaki–kaki sudut terpendek, karena pengukuran sudut dengan kaki yang pendek kurang teliti disebabkan oleh besarnya bayangan titik–titik ujung kaki yang pendek sehingga mengarahkan garis bidik ke titik tengah bayangan yang kelihatan besar menjadi sukar dan kurang tepat (Wongsotjitro, 1985).

Kesalahan absis (f_x) dan ordinat (f_y) dibagi berbanding lurus dengan jarak sisi poligon pada absis x dan ordinat y (Wongsotjitro, 1985). Aturan perataan kesalahan absis dan ordinat tersebut dapat disusun dalam persamaan matematika, sebagai berikut :

$$f_{xi} = \frac{D_i}{\sum_{i=0}^n D_i} f_x \dots\dots\dots (2)$$

$$f_{yi} = \frac{D_i}{\sum_{i=0}^n D_i} f_y \dots\dots\dots (3)$$

Dengan :

f_{xi} = koreksi absis pada sisi poligon ke-i

f_{yi} = koreksi ordinat pada sisi poligon ke-i

D_i = panjang sisi poligon ke-i

Prinsip perhitungan koordinat definitif (x,y) titik–titik poligon, secara umum dapat diformulasikan (Muhamadi, 2004), sebagai berikut:

$$X_i = X_{i-1} + D_i \sin \alpha'_i + f_{xi} \dots\dots\dots (4)$$

$$Y_i = Y_{i-1} + D_i \cos \alpha'_i + f_{yi} \dots\dots\dots (5)$$

Dengan:

X_i = absis pada titik ke i

X_{i-1} = absis pada titik ke $i - 1$

Y_i = ordinat pada titik ke i

Y_{i-1} = ordinat pada titik ke $i - 1$

α'_i = azimut terkoreksi pada titik ke - i

METODE PENELITIAN

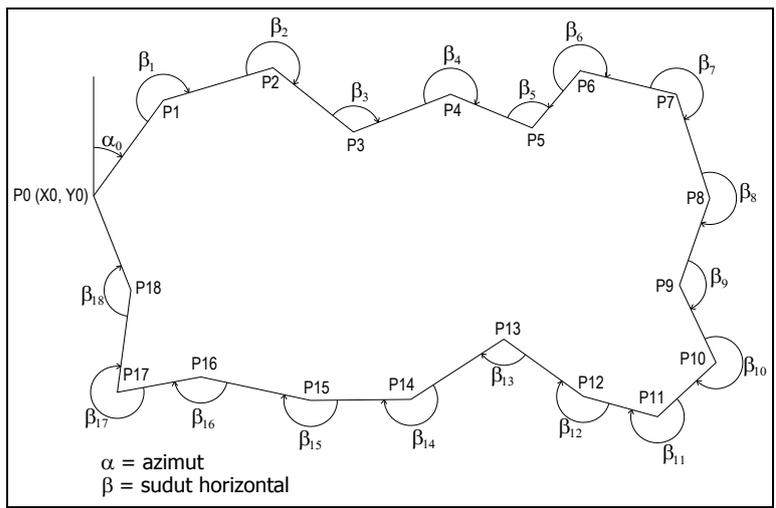
Bahan dan Alat

Penelitian ini membutuhkan beberapa bahan dan alat, meliputi : patok kayu, meteran, GPS, kompas, theodolit, rambu ukur, dan formulir pencatatan.

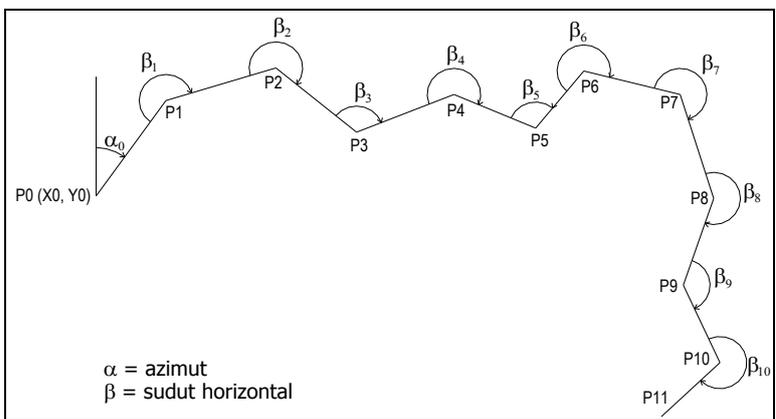
Persiapan

Kegiatan persiapan meliputi persiapan bahan, alat, dan orientasi lokasi pengukuran. Orientasi lokasi pengukuran dimaksudkan untuk merencanakan jalur pengukuran sehingga pada saat pengukuran, objek pengukuran telah tersedia dan sesuai dengan rancangan penelitian.

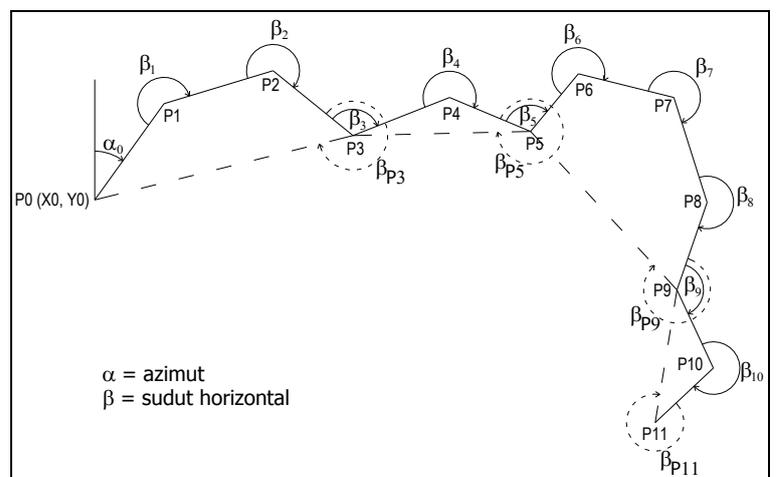
1. Observasi lokasi pengukuran, dilakukan untuk mendapatkan informasi lokasi pengukuran yang berguna untuk merencanakan jalur pengukuran dan pemilihan letak titik ukur.
2. Penetapan jalur pengukuran, dituangkan dalam bentuk gambar rencana kerangka dasar poligon tertutup, terbuka tidak terikat, dan terbuka tidak terikat dengan perlakuan. Gambar rencana poligon tertutup menjelaskan titik awal (sebagai titik akhir) pengukuran yang akan didefinisikan koordinatnya dan rangkaian garis poligon. Gambar rencana poligon terbuka tidak terikat menjelaskan titik awal pengukuran yang akan didefinisikan koordinatnya dan rangkaian garis poligon. Gambar rencana poligon terbuka tidak terikat dengan perlakuan menjelaskan titik awal pengukuran yang akan didefinisikan koordinatnya, titik-titik dengan perlakuan, dan rangkaian garis poligon. Titik-titik poligon terbuka (tidak terikat, dan terikat dengan perlakuan) memiliki jumlah yang sama dan merupakan bagian dari poligon tertutup.
3. Pemasangan patok di titik ukur
Gambar rencana kerangka dasar digunakan sebagai acuan pemasangan patok di setiap titik ukur. Saat pemasangan patok, dilakukan penandaan patok sesuai dengan gambar rencana dan pengukuran jarak langsung antar patok dengan meteran. Hasil pengukuran jarak langsung dicatat sebagai keterangan garis poligon yang bersesuaian dalam gambar rencana.



Gambar 1. Rencana pengukuran poligon tertutup



Gambar 2. Rencana pengukuran poligon terbuka tidak terikat



Ket : P3, P5, P9 dan P11 (titik dengan perlakuan)

Gambar 3. Rencana pengukuran poligon terbuka tidak terikat dengan perlakuan

Pengukuran

Pengukuran dilakukan untuk mendapatkan data ukur meliputi koordinat acuan, azimut, sudut horizontal, sudut vertikal, dan bacaan benang (benang atas, benang tengah, dan benang bawah). Pengukuran kerangka dasar metode poligon tertutup, terbuka tidak terikat, dan terbuka tidak terikat dengan perlakuan dilakukan secara bersamaan. Langkah-langkah untuk mendapatkan data tersebut di atas meliputi :

- a. Pada titik ukur yang telah ditetapkan untuk didefinisikan koordinatnya, dilakukan pembacaan koordinat (X, Y) menggunakan *Global Positioning System* (GPS) dengan proyeksi koordinat *Universal Transverse Mercator* (UTM) dan datum WGS 1984.
- b. Melakukan penyetelan Theodolit di atas patok pada titik awal pengukuran yang telah ditetapkan meliputi nivo dan fokus lensa.
- c. Melakukan pembacaan azimut dengan cara memutar teropong sehingga arahnya sejajar dengan jarum kompas ke arah utara. Memutar teropong Theodolit searah jarum jam dan membidik rambu ukur, yang sebelumnya telah disiapkan, di atas patok selanjutnya. Melakukan pembacaan azimut, sudut vertikal, benang atas, benang tengah, dan benang bawah.
- d. Memindahkan Theodolit ke patok selanjutnya dan mengulangi langkah (b).
- e. Membidik rambu ukur di atas patok sebelumnya dan menyetel bacaan sudut horizontal pada Theodolit menjadi $0^{\circ} 0' 0''$. Memutar teropong Theodolit searah jarum jam dan membidik rambu ukur, yang sebelumnya telah disiapkan, di atas patok selanjutnya. Melakukan pembacaan sudut azimut, sudut vertikal, benang atas, benang tengah, dan benang bawah.
- f. Mengulangi langkah (d) dan (e) sampai dengan patok (di atas titik ukur) sebelum titik akhir pengukuran yang telah ditetapkan.
- g. Untuk poligon terbuka tidak terikat dengan perlakuan, melakukan pengukuran tambahan pada titik-titik yang telah ditetapkan mendapat perlakuan sesuai dengan langkah (e). Memutar teropong Theodolit searah jarum jam dan membidik rambu ukur di atas patok pada titik ukur yang mendapat perlakuan sebelumnya.

Pengolahan dan Analisis Data

- A. Pengolahan data poligon tertutup mengikuti prosedur sebagai berikut :
 1. Menghitung kesalahan penutup sudut ($f\beta$)
 2. Melakukan koreksi sudut
 3. Menghitung absis (Δx) dan ordinat (Δy)
 4. Menghitung selisih absis (f_x) dan ordinat (f_y)
 5. Melakukan koreksi absis dan ordinat
 6. Menghitung koordinat titik poligon tertutup (x,y)

- B. Pengolahan data poligon terbuka tidak terikat, mengikuti prosedur sebagai berikut :
1. Menghitung absis ($\Delta x'$) dan ordinat ($\Delta y'$)
 2. Menghitung koordinat titik poligon terbuka tidak terikat (x', y')
- C. Pengolahan data poligon terbuka tidak terikat dengan perlakuan, mengikuti prosedur :
1. Menghitung kesalahan penutup sudut ($f\beta_p$) pada setiap bagian perlakuan
 2. Melakukan koreksi sudut
 3. Menghitung absis (Δx_p) dan ordinat (Δy_p)
 4. Menghitung selisih absis (fx_p) dan ordinat (fy_p)
 5. Melakukan koreksi absis dan ordinat
 6. Menghitung koordinat titik poligon terbuka tidak terikat dengan perlakuan (x_p, y_p).

Hasil pengolahan data di atas selanjutnya digunakan sebagai dasar analisis koordinat (x, y) titik–titik bersesuaian. Analisis didasarkan pada asumsi bahwa pengukuran kerangka dasar dengan metode poligon tertutup akan mendapatkan hasil ukur paling akurat. Mengacu pada asumsi tersebut, selanjutnya akan diselidiki pergeseran koordinat titik poligon terbuka (tidak terikat dan tidak terikat dengan perlakuan) terhadap koordinat titik poligon tertutup. Analisis dilakukan dalam beberapa tahap, meliputi:

1. Menghitung jarak pergeseran titik–titik poligon terbuka tidak terikat terhadap koordinat titik poligon tertutup
2. Menghitung jarak pergeseran titik–titik poligon terbuka tidak terikat dengan perlakuan terhadap koordinat titik poligon tertutup
3. Menyelidiki kecenderungan pergeseran titik–titik poligon terbuka (tidak terikat dan tidak terikat dengan perlakuan) terhadap jumlah akumulatif panjang poligon.

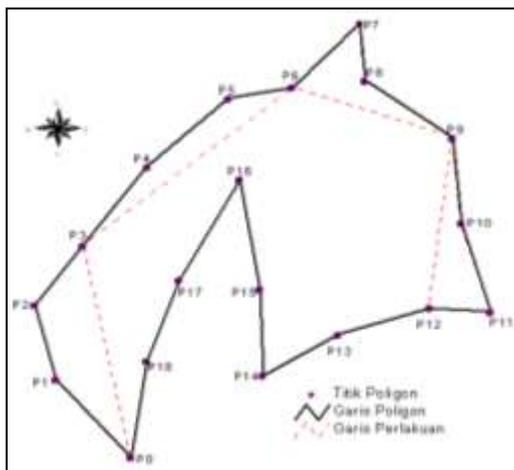
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Pengukuran

Data hasil pengukuran dipilah berdasarkan jenis poligon sehingga jumlah data untuk masing–masing jenis poligon berbeda.

Tabel 1. Data pengukuran berdasarkan jenis poligon

Poligon	Data	Keterangan
Tertutup	Azimut Awal, Bacaan Benang, Sudut Horizontal, dan Sudut Vertikal	Jumlah Patok 19 Buah ($P_0 - P_{18}$)
Terbuka tidak Terikat	Azimut Awal, Bacaan Benang, Sudut Horizontal, dan Sudut Vertikal	Jumlah Patok 13 Buah ($P_0 - P_{12}$)
Terbuka tidak Terikat dengan Perlakuan	Azimut Awal, Bacaan Benang, Sudut Horizontal, dan Sudut Vertikal	Jumlah Patok 13 Buah ($P_0 - P_{12}$) Penambahan Pengambilan Data pada Titik Perlakuan ($P_3, P_6, P_9, \text{ dan } P_{12}$)



Ket : P₀ – P₁₂ sebagai titik – titik poligon terbuka

Gambar 4. Sketsa jalur pengukuran

Hasil Olah Data

1. Poligon Tertutup

Hasil perhitungan mendapatkan nilai kesalahan penutup sudut, koreksi sudut, kesalahan absis-ordinat, koreksi absis-ordinat, dan koordinat definitif.

Tabel 2. Hasil Olah Data Poligon Tertutup

Parameter	Nilai	Toleransi	Keterangan
Kesalahan Penutup Sudut	29° 30''	44'	Memenuhi toleransi
Koreksi Sudut	-0,026°	-	-
Kesalahan Absis-Ordinat	0,00038	Kesaksamaan ≤ 1/2500	

Sumber : Olah Data, 2010

Selanjutnya dilakukan perhitungan koreksi absis-ordinat untuk mendapatkan koordinat definitif poligon tertutup berdasarkan pada koordinat yang telah didefinisikan dengan GPS (X₀, Y₀).

Tabel 3. Koordinat definitif poligon tertutup

Titik	Koordinat		Titik	Koordinat	
	X	Y		X	Y
P0	525.470,00	9.408.124,00	P10	525.556,93	9.408.190,57
P1	525.450,30	9.408.146,25	P11	525.564,65	9.408.165,54
P2	525.444,66	9.408.167,26	P12	525.548,37	9.408.166,52
P3	525.457,34	9.408.184,49	P13	525.524,59	9.408.159,11
P4	525.474,18	9.408.206,84	P14	525.504,63	9.408.147,38
P5	525.495,63	9.408.226,26	P15	525.503,99	9.408.171,97
P6	525.512,52	9.408.229,34	P16	525.498,74	9.408.203,04
P7	525.530,21	9.408.247,56	P17	525.482,75	9.408.174,51
P8	525.531,37	9.408.231,30	P18	525.473,97	9.408.151,42
P9	525.554,57	9.408.215,15			

Sumber : Olah Data, 2010

2. Poligon Terbuka tidak Terikat

Pengolahan data dilakukan dengan langsung menghitung absis-ordinat dan koordinat definitif.

Tabel 4. Koordinat poligon terbuka tidak terikat

Titik	Koordinat		Titik	Koordinat	
	X	Y		X	Y
P0	525.470,00	9.408.124,00	P7	525.530,42	9.408.247,41
P1	525.450,31	9.408.146,25	P8	525.531,54	9.408.231,15
P2	525.444,69	9.408.167,27	P9	525.554,68	9.408.214,92
P3	525.457,39	9.408.184,48	P10	525.556,96	9.408.190,33
P4	525.474,27	9.408.206,81	P11	525.564,57	9.408.165,27
P5	525.495,77	9.408.226,20	P12	525.548,31	9.408.166,33
P6	525.512,68	9.408.229,24			

Sumber : Olah Data, 2010

3. Poligon Terbuka tidak Terikat dengan Perlakuan

Hasil perhitungan mendapatkan nilai kesalahan penutup sudut, koreksi sudut, kesalahan absis-ordinat, koreksi absis-ordinat, dan koordinat definitif untuk setiap bagian perlakuan. Selanjutnya dilakukan perhitungan koreksi absis-ordinat untuk mendapatkan koordinat definitif poligon terbuka tidak terikat dengan perlakuan berdasarkan pada koordinat yang telah didefinisikan (X_0, Y_0) untuk bagian 1 (satu) dan titik perlakuan untuk bagian selanjutnya.

Tabel 5. Hasil Olah Data Poligon Terbuka tidak Terikat dengan Perlakuan

Bagian	Parameter	Nilai	Toleransi	Keterangan
1	Kesalahan Penutup Sudut	0	20'	Memenuhi toleransi
	Koreksi Sudut	0	-	-
	Kesalahan Absis-Ordinat	0,00025	Kesaksamaan $\leq 1/2500$	
2	Kesalahan Penutup Sudut	0	20'	Memenuhi toleransi
	Koreksi Sudut	0	-	-
	Kesalahan Absis-Ordinat	0,00054	Kesaksamaan $\geq 1/2500$	
3	Kesalahan Penutup Sudut	0	20'	Memenuhi toleransi
	Koreksi Sudut	0	-	-
	Kesalahan Absis-Ordinat	0,00055	Kesaksamaan $\geq 1/2500$	
4	Kesalahan Penutup Sudut	0	20'	Memenuhi toleransi
	Koreksi Sudut	0	-	-
	Kesalahan Absis-Ordinat	0,0011	Kesaksamaan $\geq 1/2500$	

Sumber : Olah Data, 2010

Tabel 6. Koordinat poligon terbuka tidak terikat dengan perlakuan

Titik	Koordinat		Titik	Koordinat	
	X	Y		X	Y
P0	525.470,00	9.408.124,00	P7	525.530,40	9.408.247,53
P1	525.450,31	9.408.146,25	P8	525.531,54	9.408.231,36
P2	525.444,68	9.408.167,27	P9	525.554,72	9.408.215,28
P3	525.457,38	9.408.184,49	P10	525.557,02	9.408.190,67
P4	525.474,24	9.408.206,81	P11	525.564,66	9.408.165,59
P5	525.495,72	9.408.226,19	P12	525.548,40	9.408.166,64
P6	525.512,62	9.408.229,23			

Sumber : Olah Data, 2010

Analisis

Analisis simpangan koordinat titik bersesuaian dilakukan dengan membandingkan simpangan absis dan ordinat antara koordinat hasil perhitungan poligon terbuka tidak terikat dan terbuka tidak terikat dengan perlakuan terhadap poligon tertutup.

Simpangan absis (∂x) dan (∂y) diketahui dengan menghitung selisih absis dan ordinat titik bersesuaian, dinyatakan dengan :

$$\partial x_{c-o} = X_c - X_o \dots\dots\dots (6)$$

$$\partial y_{c-o} = Y_c - Y_o \dots\dots\dots (7)$$

$$\partial x_{c-o'} = X_c - X'_o \dots\dots\dots (8)$$

$$\partial y_{c-o'} = Y_c - Y'_o \dots\dots\dots (9)$$

Dengan :

∂x_{c-o} = simpangan absis titik bersesuaian poligon terbuka tidak terikat terhadap poligon tertutup

∂y_{c-o} = simpangan ordinat titik bersesuaian poligon terbuka tidak terikat terhadap poligon tertutup

$\partial x_{c-o'}$ = simpangan absis titik bersesuaian poligon terbuka tidak terikat dengan perlakuan terhadap poligon tertutup

$\partial y_{c-o'}$ = simpangan ordinat titik bersesuaian poligon terbuka tidak terikat dengan perlakuan terhadap poligon tertutup

Tabel 7. Simpangan absis - ordinat poligon terbuka tidak terikat terhadap poligon tertutup

Titik	Tertutup		Terbuka tidak Terikat		δx_{c-o} (m)	δy_{c-o} (m)
	X	Y	X	Y		
P0	525.470,00	9.408.124,00	525.470,00	9.408.124,00	0,000	0,000
P1	525.450,30	9.408.146,25	525.450,31	9.408.146,25	-0,011	-0,002
P2	525.444,66	9.408.167,26	525.444,69	9.408.167,27	-0,029	-0,006
P3	525.457,34	9.408.184,49	525.457,39	9.408.184,48	-0,052	0,004
P4	525.474,18	9.408.206,84	525.474,27	9.408.206,81	-0,093	0,024
P5	525.495,63	9.408.226,26	525.495,77	9.408.226,20	-0,138	0,061
P6	525.512,52	9.408.229,34	525.512,68	9.408.229,24	-0,152	0,098
P7	525.530,21	9.408.247,56	525.530,42	9.408.247,41	-0,210	0,144
P8	525.531,37	9.408.231,30	525.531,54	9.408.231,15	-0,165	0,147
P9	525.554,57	9.408.215,15	525.554,68	9.408.214,92	-0,117	0,228
P10	525.556,93	9.408.190,57	525.556,96	9.408.190,33	-0,026	0,236
P11	525.564,65	9.408.165,54	525.564,57	9.408.165,27	0,077	0,269
P12	525.548,37	9.408.166,52	525.548,31	9.408.166,33	0,066	0,187

Sumber : Olah Data, 2010

Tabel 8. Simpangan absis dan ordinat poligon terbuka tidak terikat dengan perlakuan terhadap poligon tertutup

Titik	Tertutup		Terbuka tidak Terikat dengan Perlakuan		$\delta x_{c-o'}$ (m)	$\delta y_{c-o'}$ (m)
	X	Y	X	Y		
P0	525.470,00	9.408.124,00	525.470,00	9.408.124,00	0,000	0,000
P1	525.450,30	9.408.146,25	525.450,31	9.408.146,25	-0,004	-0,005
P2	525.444,66	9.408.167,26	525.444,68	9.408.167,27	-0,016	-0,011
P3	525.457,34	9.408.184,49	525.457,38	9.408.184,49	-0,035	-0,002
P4	525.474,18	9.408.206,84	525.474,24	9.408.206,81	-0,062	0,026
P5	525.495,63	9.408.226,26	525.495,72	9.408.226,19	-0,095	0,070
P6	525.512,52	9.408.229,34	525.512,62	9.408.229,23	-0,100	0,111
P7	525.530,21	9.408.247,56	525.530,40	9.408.247,53	-0,191	0,023
P8	525.531,37	9.408.231,30	525.531,54	9.408.231,36	-0,167	-0,061
P9	525.554,57	9.408.215,15	525.554,72	9.408.215,28	-0,155	-0,129
P10	525.556,93	9.408.190,57	525.557,02	9.408.190,67	-0,086	-0,106
P11	525.564,65	9.408.165,54	525.564,66	9.408.165,59	-0,005	-0,056
P12	525.548,37	9.408.166,52	525.548,40	9.408.166,64	-0,030	-0,128

Sumber : Olah Data, 2010

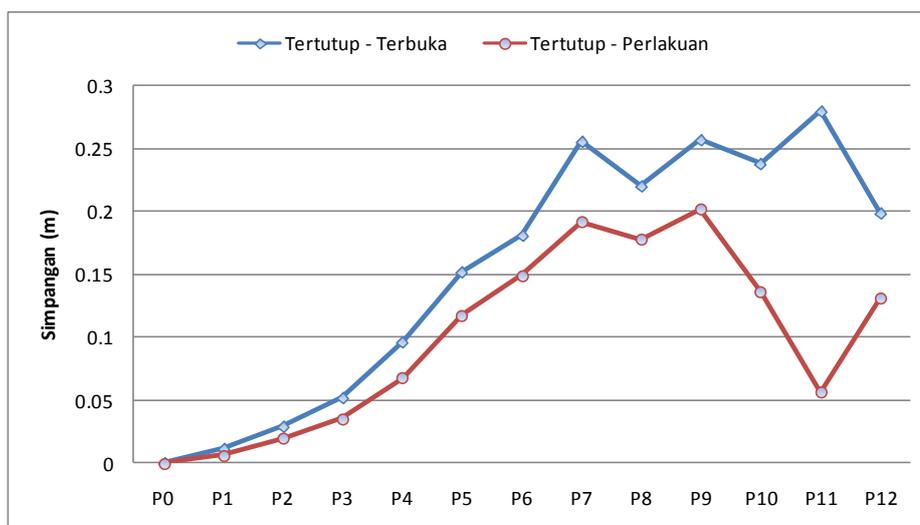
Kuadrat jarak pergeseran (d^2) titik bersesuaian merupakan jumlah kuadrat absis (a_x^2) dan ordinat (a_y^2), dapat dinyatakan sebagai :

$$d = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \dots\dots\dots (10)$$

Tabel 9. Pergeseran titik poligon terbuka tidak terikat dan terbuka tidak terikat dengan perlakuan terhadap poligon tertutup

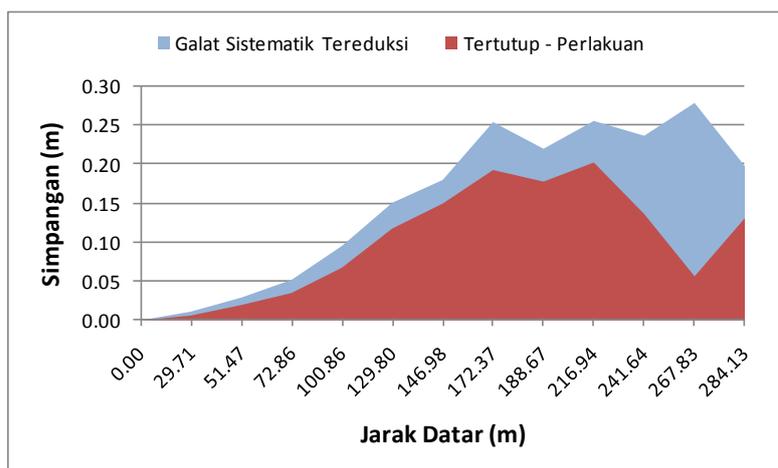
Titik	Poligon Tertutup - Poligon Terbuka tidak Terikat			Poligon Tertutup - Poligon Terbuka tidak Terikat dengan			Δd (m)
	δx_{c-o} (m)	δy_{c-o} (m)	d_{c-o} (m)	$\delta x_{c-o'}$ (m)	$\delta y_{c-o'}$ (m)	$d_{c-o'}$ (m)	
P0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
P1	-0.0110	-0.0022	0.0112	-0.0040	-0.0046	0.0061	0.0050
P2	-0.0285	-0.0063	0.0292	-0.0165	-0.0106	0.0196	0.0096
P3	-0.0520	0.0036	0.0521	-0.0349	-0.0024	0.0350	0.0171
P4	-0.0926	0.0244	0.0958	-0.0624	0.0257	0.0675	0.0283
P5	-0.1383	0.0611	0.1512	-0.0946	0.0700	0.1176	0.0336
P6	-0.1516	0.0981	0.1806	-0.0998	0.1114	0.1496	0.0310
P7	-0.2103	0.1442	0.2550	-0.1912	0.0229	0.1926	0.0624
P8	-0.1649	0.1467	0.2207	-0.1669	-0.0611	0.1777	0.0430
P9	-0.1169	0.2283	0.2565	-0.1553	-0.1294	0.2022	0.0543
P10	-0.0261	0.2360	0.2374	-0.0857	-0.1058	0.1362	0.1012
P11	0.0774	0.2687	0.2797	-0.0048	-0.0562	0.0564	0.2233
P12	0.0663	0.1867	0.1981	-0.0298	-0.1277	0.1311	0.0670

Sumber : Olah Data, 2010



Gambar 5. Pergeseran titik bersesuaian poligon terbuka tidak terikat dan terbuka tidak terikat dengan perlakuan terhadap poligon tertutup

Nilai pergeseran titik bersesuaian digunakan sebagai dasar perhitungan galat sistematik tereduksi. Galat sistematik tereduksi adalah galat sistematik yang dapat dihilangkan sebagai akibat dari perlakuan yang diberikan. Galat tereduksi dapat dijelaskan sebagai luas antara persamaan kurva simpangan poligon terbuka tidak terikat dan poligon terbuka tidak terikat dengan perlakuan terhadap poligon tertutup.



Gambar 6. Galat tereduksi oleh perlakuan

Berdasarkan redaksi dan gambar di atas dapat disusun persamaan untuk galat tereduksi sebagai berikut:

$$\varphi = \frac{\sum \Delta A_{\delta_{c-o}} - \sum \Delta A_{\delta_{c-o'}}}{\sum \Delta A_{\delta_{c-o}}} \dots\dots\dots (11)$$

$$\varphi = \frac{\int_0^{284,13} y_{c-o} dx - \int_0^{284,13} y_{c-o'} dx}{\int_0^{284,13} y_{c-o} dx} \dots\dots\dots (12)$$

Dengan :

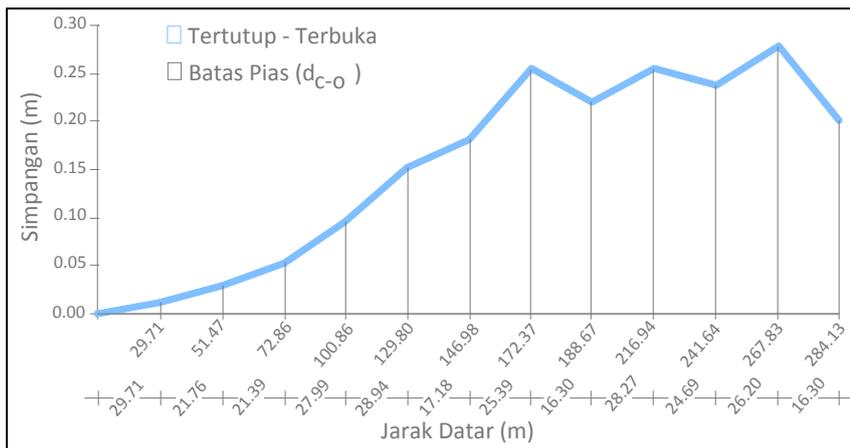
φ = galat tereduksi

$\sum \Delta A_{\delta_{c-o}}$ = luas antara kurva simpangan poligon terbuka tidak terikat terhadap poligon tertutup ($y_{c-o} = f(x)$) dengan $y = 0$.

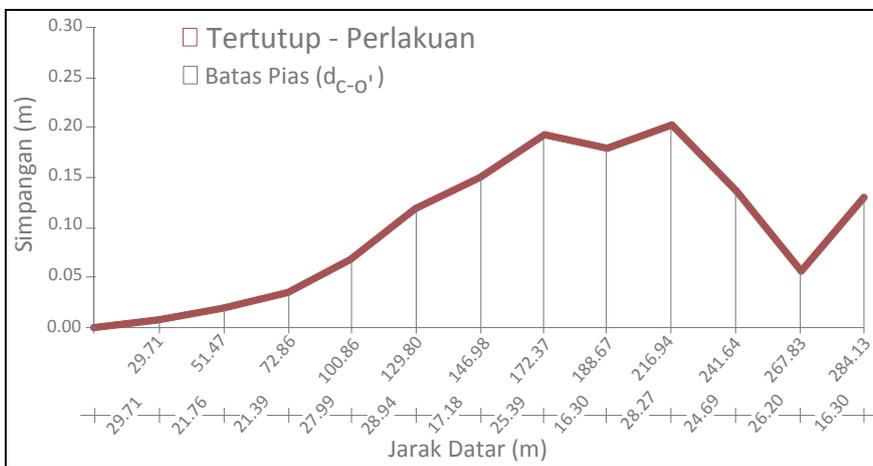
$\sum \Delta A_{\delta_{c-o'}}$ = luas antara kurva simpangan poligon terbuka tidak terikat dengan perlakuan terhadap poligon tertutup ($y_{c-o'} = f(x)$) dengan $y = 0$.

Luas antara kurva simpangan poligon terbuka tidak terikat terhadap poligon tertutup

$\left(\sum \Delta A_{\delta_{c-o}} \right)$ dan poligon terbuka tidak terikat dengan perlakuan terhadap poligon tertutup $\left(\sum \Delta A_{\delta_{c-o'}} \right)$ dapat disederhanakan menjadi sejumlah trapesium dengan simpangan tegak lurus dari titik – titik interval sepanjang garis lurus terukur (jarak datar).



Gambar 7. Pembagian pias untuk kurva ($y_{c-o} = f(x)$)



Gambar 8. Pembagian pias untuk kurva ($y_{c-o'} = f(x)$)

Dengan pembagian pias, luas antara kurva simpangan poligon terbuka tidak terikat terhadap poligon tertutup ($\Delta A_{\delta_{c-o}}$) dan simpangan poligon terbuka tidak terikat dengan perlakuan terhadap poligon tertutup ($\Delta A_{\delta_{c-o'}}$) dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\sum \Delta A_{\delta_{c-o}} = D_{0-1} \left(\frac{d_{c-o_0} + d_{c-o_1}}{2} \right) + \dots + D_{(n-1)-n} \left(\frac{d_{c-o_{(n-1)}} + d_{c-o_n}}{2} \right) \dots \dots \dots (13)$$

$$\sum \Delta A_{\delta_{c-o'}} = D_{0-1} \left(\frac{d_{c-o'_0} + d_{c-o'_1}}{2} \right) + \dots + D_{(n-1)-n} \left(\frac{d_{c-o'_{(n-1)}} + d_{c-o'_n}}{2} \right) \dots \dots \dots (14)$$

Dengan :

$D_{(n-1)-n}$ = jarak datar antara patok ke-n dan sebelumnya (m)

d_{c-o_n} = simpangan (pergeseran titik) pada titik ke-n antara poligon terbuka tidak terikat terhadap poligon tertutup (m)

$d_{c-o'_n}$ = simpangan (pergeseran titik) pada titik ke-n antara poligon terbuka tidak terikat dengan perlakuan terhadap poligon tertutup (m)

Tabel 10. Luas kurva simpangan poligon terbuka tidak terikat dan poligon terbuka tidak terikat dengan perlakuan terhadap poligon tertutup

Titik	D (m)	d_{c-o} (m)	$\Delta A_{\delta c-o}$ (m ²)	$d_{c-o'}$ (m)	$\Delta A_{\delta c-o'}$ (m ²)
0		0.000		0.000	
1	29.708	0.011	0.166	0.006	0.091
2	21.760	0.029	0.439	0.020	0.280
3	21.394	0.052	0.870	0.035	0.584
4	27.993	0.096	2.070	0.068	1.435
5	28.943	0.151	3.575	0.118	2.679
6	17.183	0.181	2.851	0.150	2.296
7	25.394	0.255	5.530	0.193	4.344
8	16.299	0.221	3.877	0.178	3.018
9	28.269	0.257	6.745	0.202	5.370
10	24.693	0.237	6.098	0.136	4.178
11	26.197	0.280	6.773	0.056	2.523
12	16.300	0.198	3.894	0.131	1.528
		Jumlah	42.888		28.326

Sumber : Olah Data, 2010

Galat sistematik tereduksi adalah perbaikan terhadap hasil ukur poligon terbuka tidak terikat oleh perlakuan yang diberikan dinyatakan dalam persen penurunan simpangan.

$$\begin{aligned} \varphi &= \frac{\sum \Delta A_{\delta c-o} - \sum \Delta A_{\delta c-o'}}{\sum \Delta A_{\delta c-o}} \\ &= \frac{42,888 - 28,326}{42,888} \\ &= \frac{14,561}{42,888} = 0,3395 \end{aligned}$$

Perhitungan galat tereduksi menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan terhadap 4 (empat) titik poligon terbuka tidak terikat (13 (tiga belas) titik poligon) dapat menurunkan galat sistematik sebesar 33,95 % dengan hasil hitung poligon tertutup sebagai acuan.

KESIMPULAN

Koreksi geometrik poligon terbuka tidak terikat, meliputi penutup sudut dan penutup absis dan ordinat, dapat dilakukan setelah beberapa titik poligon mendapatkan perlakuan yang didasarkan pada pendekatan geometri.

Galat sistematik tereduksi oleh perlakuan pada 4 (empat) titik poligon terbuka tidak terikat sebesar 33,95 %. Galat sistematik tereduksi tersebut menunjukkan perbaikan hasil ukur kerangka dasar poligon terbuka tidak terikat oleh perlakuan.

DAFTAR PUSTAKA

Brinker R C, Wolf P R. 1984. *Elementary Surveying*. 7th Edition. Dasar – Dasar Pengukuran Tanah. Alih Bahasa oleh Walijatun D. Erlangga. Jakarta

Frick H. 2006. *Ilmu dan Alat Ukur Tanah*. Cetakan kedua puluh. Kanisius. Yogyakarta

Muhamadi M. 2004. *Pengukuran dan Pemetaan Kota*. Pendidikan dan Pelatihan Teknis. Surabaya

Wongsotjitro S. 1985. *Ilmu Ukur Tanah*. Cetakan ketiga. Kanisius. Yogyakarta