



Laporan Akhir Penelitian

Ellips Kesalahan Untuk Analisis Ketelitian Koordinat Poligon

Oleh

Agnes Sri Mulyani

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Kristen Indonesia
Jakarta 2021

Kata Pengantar

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

1. Kepala Program Studi Teknik Sipil FT UKI
2. Kepala Perpustakaan UKI

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, Agustus 2021

Penulis

Abstrak

Pengukuran kerangka pemetaan wilayah secara terestris dilakukan dengan cara pengukuran Kerangka Kontrol Horisontal (KKH) pemetaan terlebih dahulu, yaitu kerangka dasar pemetaan yang menunjukkan posisi horisontal (X,Y) antara satu titik relatif terhadap titik yang lain di permukaan bumi pada bidang datar. Untuk mendapatkan posisi horisontal KKH yang tersebar di permukaan bumi, maka dapat digunakan beberapa metode diantaranya adalah Poligon seperti yang digunakan pada penelitian ini. Poligon sebagai salah satu metode penentuan posisi horisontal sering digunakan karena metode poligon merupakan metode yang praktis, sederhana, fleksibel terhadap kondisi medan mudah hitungannya. Untuk memperoleh hasil peta yang representatif dan dapat dipercaya keakuratannya sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan, maka pada saat melakukan pengukuran KKH harus dilakukan secara teliti.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ketelitian pengukuran koordinat titik poligon dengan menggunakan ellips kesalahan. Poligon yang digunakan adalah poligon tertutup dengan jumlah titik sebanyak sebelas buah. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur azimuth awal, semua sudut dalam dan semua jarak dengan Theodolit dan meteran. Koordinat masing-masing titik poligon dievaluasi dengan ellips kesalahan, yaitu salah satu parameter yang digunakan untuk menilai kualitas koordinat relative yang diperoleh setelah melalui proses pengolahan data.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bentuk ellips yang mendekati lingkaran hanya pada stasiun poligon 2, yaitu stasiun yang letaknya paling dekat dengan stasiun titik kontrol. Semakin jauh dari titik awal, bentuk ellips kesalahan semakin memanjang, jauh dari bentuk lingkaran dengan orientasi timur-barat relative lebih teliti dibandingkan dengan arah utara-selatan.

DAFTAR ISI

Bab	Judul	Halaman
	Halaman judul	i
	Kata Pengantar	ii
	Abstrak	iii
	Daftar Isi	iv
	Daftar Tabel	vi
	Daftar Gambar	vii
I	Pendahuluan	1
	I. 1 .Latar Belakang Masalah	1
	I. 2. Rumusan Masalah	2
	I. 3. Tujuan Penelitian dan Manfaat Penelitian	2
	I. 4. Lingkup Penelitian	2
	I. 5. Kebaruan Penelitian	3
	I. 7. Sistematika Penulisan	3
II	Tinjauan Pustaka	4
	II.1. Teori Poligon	4
	II.1.1. Syarat Poligon Tertutup.....	4
	II.1.2. Hitungan Azimuth	6
	II.1.3. Hitungan Koordinat	6
	II.2. Teori Ellips Kesalahan	7
	II.2.1. Penentuan Parameter Ellips Kesalahan	8
	II.3. Teori Hitung Perataan.....	10
	II.4. Penelitian Terdahulu Yang Pernah Dilakukan	12

III	Metodologi Penelitian	16
	III. 1. Metode Penelitian	16
	III. 3. Bahan dan Alat Yang Digunakan Untuk Penelitian	16
	III. 2. Pelaksanaan Penelitian	16
IV	Hasil Penelitian	18
	IV. 1. Hasil Hitung Koordinat Poligon.....	18
	IV. 2. Hasil Hitung Perataan	19
V	Pembahasan	22
	V. 1. Geometri Jaringan	22
	V. 2. Analisis Bentuk Ellipsoid	23
VI	Kesimpulan dan Saran	24
	VI. 1. Kesimpulan.....	24
	VI. 2. Saran	24
	Daftar Pustaka	25
	Lampiran	26
	Riwayat Peneliti	35

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
2.1	Tabel Hitungan Koordinat Poligon Tertutup	7
2.2	Letak Kuadran Untuk Sudut t	9
4.1	Hitungan Koordinat Poligon Tertutup	18
4.2	Matriks Jacobian	19
4.3	Matriks Untuk Nilai Σ	19
4.4	Hasil Hitungan Susut t	20
4.5	Perhitungan Su, Sv, Sx dan Sy	21

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
2.1	Poligon Tertutup Segilima	4
2.2	Ellips Kesalahan	9
2.3	Pemotongan Kebelakang Penelitian	12
2.4	Bentuk Ellips Kesalahan Pemotongan Kebelakang.....	13
2.4	Masukan dan Keluaran Pemotongan Kebelakang.....	14
3.1	Bentuk Jaring Poligon	17
4.1	Bentuk Jaring Poligon	22
4.2	Ellips Kesalahan Poligon Titik 2	23

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Pengukuran kerangka pemetaan wilayah secara terestris dilakukan dengan cara pengukuran Kerangka Kontrol Horisontal (KKH) terlebih dahulu. KKH adalah kerangka dasar pemetaan yang menunjukkan posisi horisontal (X,Y) antara satu titik relatif terhadap titik yang lain di permukaan bumi pada bidang datar. Untuk mendapatkan posisi horisontal KKH yang tersebar di permukaan bumi, maka dapat digunakan beberapa metode, misalnya Triangulasi, Trilaterasi, Triangulaterasi, Pemotongan kedepan, Pemotongan Kebelakang, GPS (Global Positioning System), Poligon, dan salah satu metode penentuan posisi horisontal tersebut yang sering digunakan adalah metode poligon karena metode poligon merupakan metode yang praktis, sederhana, fleksibel terhadap kondisi medan serta mudah hitungannya. Poligon yang digunakan untuk penentuan posisi horisontal terdiri dari banyak titik dan antara titik satu dengan titik yang lainnya dihubungkan dengan jarak dan sudut sehingga membentuk suatu rangkaian sudut titik-titik segi banyak. Pada penentuan posisi horisontal dengan metode ini, posisi titik yang belum diketahui koordinatnya ditentukan dari titik yang sudah diketahui koordinatnya dengan mengukur semua jarak dan sudut dalam poligon.

Ketelitian koordinat titik-titik yang dihitung dengan kerangka dasar poligon tergantung dari beberapa hal, misalnya luas areal survey, kondisi topografi dan kepadatan bangunan yang ada. Untuk itu sudah semestinya bahwa pada pekerjaan pemetaan obyek-obyek yang berada di permukaan bumi dilakukan dengan teliti untuk memperoleh hasil peta yang representatif dan dapat dipercaya keakuratannya sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Dengan banyaknya pilihan metode dan peralatan yang tersedia, serta juru ukur yang mempunyai kualifikasi yang baik, diharapkan pekerjaan pemetaan dapat dilakukan dengan baik, sesuai dengan ketelitian yang disyaratkan dan tentu saja disertai dengan pertimbangan terhadap efisiensi waktu, tenaga dan biaya. Pemilihan juru ukur yang berkualifikasi sebagai salah satu pelaksana pekerjaan di lapangan diharapkan agar mereka

bekerja dengan teliti dan seksama dalam memutuskan metode dan alat apa yang akan digunakan dalam melaksanakan pekerjaannya. Keputusan penggunaan alat dan metode harus diambil secara tepat, tentu saja dengan mempertimbangkan waktu dan biaya yang seefisien mungkin dan tidak boleh mengesampingkan faktor ketelitian.

Ketelitian kerangka dasar yang diukur sangat menentukan hasil peta yang akan dibuat, karena posisi detail-detail yang digambarkan atau disajikan diatas peta diikatkan terhadap kerangka dasar pemetaan tersebut. Untuk itu penting sekali adanya ketelitian dalam pengukuran kerangka dasar. Salah satu cara untuk mengetahui ketelitian koordinat titik-titik poligon adalah dilakukan evaluasi koordinat tersebut dengan ellips kesalahan.

I.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan, maka dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana ketelitian koordinat yang diperoleh dengan melakukan analisis dengan ellips kesalahan?
2. Apakah yang harus dilakukan untuk memperbaiki kesalahan tersebut?

I.3. Tujuan Penelitian dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui ketelitian koordinat poligon yang diukur dengan menggunakan analisis ellips kesalahan.

Sedangkan manfaat penelitian yang dilakukan kali ini adalah untuk memberi menganalisis penyebab kesalahan pada penentuan koordinat titik-titik poligon agar kesalahan tersebut tidak terulang pada pengukuran selanjutnya.

I.4. Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada:

1. Analisis ketelitian kerangka dasar pemetaan poligon
2. Lokasi di lapangan parkir Universitas Kristen Indonesia
3. Pada penelitian ini pengukuran poligon dilakukan dengan menggunakan alat Theodolit Kolida DT 02.

I.5. Kebaruan Penelitian

Berdasarkan beberapa tipe kebaruan (*Novelthy*) hasil penelitian yang ada, maka tulisan ini termasuk kebaruan tipe 2 (*improvement*), sifatnya berupa peningkatan terhadap prinsip sebelumnya atau perbaikan praktek terhadap penelitian yang sudah pernah dilakukan seperti yang sudah ditulis dalam perumusan masalah. Pada penelitian ini lebih banyak mengkaji dari penelitian terdahulu, seperti dalam laporan penelitian Agnes Sri Mulyani dan Tampubolon S(2020) yaitu mencari sudut yang terbaik dalam metode pemotongan kebelakang.

I.6. Sistematika Penulisan

Sistematikan penulisan pada penelitian ini terdiri dari 6 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 Poligon
- b. Teori Hitung Perataan
- c. Bahan dan alat yang digunakan
- d. Pengujian dan pelaksanaan pengujian

Bab III berisi tentang metode penelitian yang digunakan

Bab IV berisi tentang analisis dan diskusi hasil penelitian

Bab V berisi tentang kesimpulan dan saran

Pada bagian akhir terdapat daftar pustaka yang dipakai dalam referensi penelitian ini dan riwayat peneliti.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Teori Poligon

II.1.1. Syarat Poligon Tertutup

Pada poligon tertutup, ada dua persyaratan yang harus dipenuhi, yaitu :

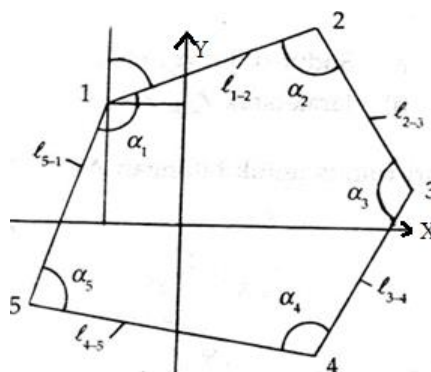
1. Jumlah sudut dalam = $(n - 2) \times 180^\circ$
2. Jumlah jarak kali sinus azimuth = 0 dan jumlah jarak kali cosinus azimuth = 0 atau

$$\sum l \sin \psi = 0 \quad \text{dan} \quad \sum l \cos \psi = 0$$

Sebagai contoh berikut ini adalah poligon tertutup yang terdiri atas 5 buah titik 1-2-3-4-5 dengan data-data yang ada :

Diketahui : azimuth ψ_{12}
Diukur : sudut-sudut $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$
koordinat titik 1 (X_1, Y_1)
jarak-jarak $l_{12}, l_{23}, l_{34}, l_{45}, l_{51}$

Gambar 2.1. Poligon Tertutup Segilima



Ditanyakan : koordinat titik-titik 2, 3, 4, dan 5

Jawab :

Pada poligon tertutup terdapat ketentuan bahwa jumlah sudut dalam adalah $(n - 2) \times 180^\circ$. Dalam suatu pengukuran, pasti terdapat kesalahan walaupun itu kecil sehingga

persyaratan $(n - 2) \times 180^\circ$ tidak terpenuhi. Bila terdapat kesalahan atau perbedaan, maka kesalahan tersebut dibagi sejumlah titik poligon, dan dikoreksikan terhadap sudut dalam. Apabila jumlah sudut dalam hasil pengukuran lebih kecil dari teori, maka koreksinya positif, sebaliknya apabila jumlah sudut dalam hasil pengukuran lebih besar dari teori, maka koreksinya negative. Kemudian dihitung azimuth poligon dengan menggunakan rumus seperti pada poligon terbuka akan tetapi sudut-sudut yang digunakan adalah sudut yang sudah dikoreksi. Sesuai dengan ketentuan poligon tertutup bahwa jumlah sudut dalam adalah $(n - 2) \times 180^\circ$. Kemudian diperiksa apakah hasil ukuran sudut dalam di lapangan sama dengan teorinya.

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 = (n - 2) \times 180^\circ$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 = (5 - 2) \times 180^\circ$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 = 540^\circ$$

Bila terjadi perbedaan jumlah sudut berdasarkan teori dengan jumlah sudut dalam hasil pengukuran di lapangan, maka kesalahan ini dibagi rata ke masing-masing pengukuran sehingga jumlahnya menjadi 540° atau sesuai dengan teori. Keuntungan poligon tertutup yaitu, walaupun tidak ada ikatan sama sekali akan tetapi koreksi sudut dapat dicari dengan adanya sifat poligon tertutup yang jumlah sudut dalamnya sama dengan $(n-2) 180^\circ$. Selain itu terdapat koreksi koordinat dengan adanya konsekuensi logis dari bentuk geometrisnya bahwa jumlah selisih absis dan jumlah selisih ordinat sama dengan nol. Keuntungan ini menyebabkan orang senang bentuk polygon tertutup. Satu-satunya kelemahan polygon tertutup yang sangat menonjol ialah bahwa bila ada kesalahan yang proporsional dengan jarak (salah satu salah sistematis) tidak akan ketahuan, dengan kata lain walaupun ada kesalahan tersebut, namun polygon tertutup itu kelihatan baik. Jarak yang diukur secara elektronis sangat mudah dihindari kesalahan seperti itu, yaitu kalau ada kesalahan frekuensi gelombang.

II.1.2. Hitungan Azimuth

Hitungan azimuth dimulai dari ψ_{12} , yaitu azimuth yang diketahui dan $\alpha_1', \alpha_2', \alpha_3', \alpha_4', \alpha_5'$ adalah sudut-sudut yang sudah dikoreksi supaya memenuhi ketentuan $(n - 2) \times 180^\circ$.

Hitungan azimuth selanjutnya seperti berikut:

$$\Psi_{23} = \psi_{12} \pm 180^\circ - \alpha_2'$$

$$\Psi_{34} = \psi_{12} \pm 180^\circ - \alpha_3'$$

$$\Psi_{45} = \psi_{12} \pm 180^\circ - \alpha_4'$$

$$\Psi_{51} = \psi_{12} \pm 180^\circ - \alpha_5'$$

$$\Psi_{12} = \psi_{12} \pm 180^\circ - \alpha_1' \text{ (sebagai kontrol) atau kita dapat :}$$

$$\Psi_{12} = \psi_{12} \pm n \times 180^\circ - \Sigma \alpha$$

Hitungan ψ_{12} dari ψ_{51} harus sama dengan ψ_{12} yang diketahui pada awal, bila tidak sama maka ada kesalahan dalam hitungannya.

II.1.3. Hitungan Koordinat

Hitungan koordinat dapat dilakukan dengan kontrol :

$$X_2 = X_1 + l_{12} \sin \psi_{12}$$

$$X_3 = X_2 + l_{23} \sin \psi_{23}$$

$$X_4 = X_3 + l_{34} \sin \psi_{34}$$

$$X_5 = X_4 + l_{45} \sin \psi_{45}$$

$$X_1 = X_5 + l_{51} \sin \psi_{51}$$

$$0 = \Sigma l \sin \psi$$

$$Y_2 = Y_1 + l_{12} \cos \psi_{12}$$

$$Y_3 = Y_2 + l_{23} \cos \psi_{23}$$

$$Y_4 = Y_3 + l_{34} \cos \psi_{34}$$

$$Y_5 = Y_4 + l_{45} \cos \psi_{45}$$

$$Y_1 = Y_5 + l_{51} \cos \psi_{51}$$

$$0 = \Sigma l \cos \psi$$

Perhitungan azimuth dan koordinat ditulis dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 2.1. Tabel Hitungan Koordinat Poligon Tertutup

Titik		Jarak	L Sin ψ		Lcos ψ		Koordinat	
			+	-	+	-	X	Y
1							X ₁	Y ₁
	ψ_{12}	l_{12}	$\pm l_{12} \sin\psi_{12}$		$\pm l_{12} \cos\psi_{12}$		$\pm l_{12} \sin\psi_{12}$	$\pm l_{12} \cos\psi_{12}$
2							X ₂	Y ₂
	ψ_{23}	l_{23}	$\pm l_{23} \sin\psi_{23}$		$\pm l_{23} \cos\psi_{23}$		$\pm l_{23} \sin\psi_{23}$	$\pm l_{23} \cos\psi_{23}$
3							X ₃	Y ₃
	ψ_{34}	l_{34}	$\pm l_{34} \sin\psi_{34}$		$\pm l_{34} \cos\psi_{34}$		$\pm l_{34} \sin\psi_{34}$	$\pm l_{34} \cos\psi_{34}$
4							X ₄	Y ₄
	ψ_{45}	l_{45}	$\pm l_{45} \sin\psi_{45}$		$\pm l_{45} \cos\psi_{45}$		$\pm l_{45} \sin\psi_{45}$	$\pm l_{45} \cos\psi_{45}$
5							X ₅	Y ₅
	ψ_{51}	l_{51}	$\pm l_{51} \sin\psi_{51}$		$\pm l_{51} \cos\psi_{51}$		$\pm l_{51} \sin\psi_{51}$	$\pm l_{51} \cos\psi_{51}$
1							X ₁	Y ₁
			$\Sigma l \sin\psi = 0$		$\Sigma l \cos\psi = 0$			

II.2. Teori Ellips Kesalahan

Elips kesalahan merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menilai kualitas koordinat relative yang diperoleh dari proses penentuan koordinat, baik itu dengan metode poligon atau metode lainnya seperti pemotongan kedepan, pemotongan kebelakang, triangulasi, trilaterasi, triangulaterasi, maupun proses pengolahan data pada fotogrametri. Ellips kesalahan relative disebut juga ellips kesalahan garis yang menggambarkan daerah kepercayaan (*confidence region*) tentang ketelitian koordinat suatu titik relative terhadap titik yang lainnya. Bentuk dan ukuran ellips kesalahan relative dihitung berdasarkan matriks kovariansi dari koordinat relative suatu titik terhadap titik lainnya.

Posisi atau letak suatu titik, dapat dievaluasi berdasarkan bentuk ellips kesalahannya, posisi titik yang baik terjadi apabila harga sumbu-sumbu ellipsnya kecil dan bentuk ellips mendekati bentuk lingkaran.

Selain memberikan informasi secara kritis mengenai ketelitian posisi stasiun yang diratakan, manfaat utama ellips kesalahan adalah memberikan metode dalam membuat perbandingan secara visual tentang ketelitian secara relative antara dua stasiun yang lain.

Dengan melihat bentuk, ukuran, dan orientasi ellips kesalahan, maka beberapa survey dapat dibandingkan secara cepat dan jelas. Sedangkan ukuran, bentuk, dan orientasi ellips kesalahan tergantung pada:

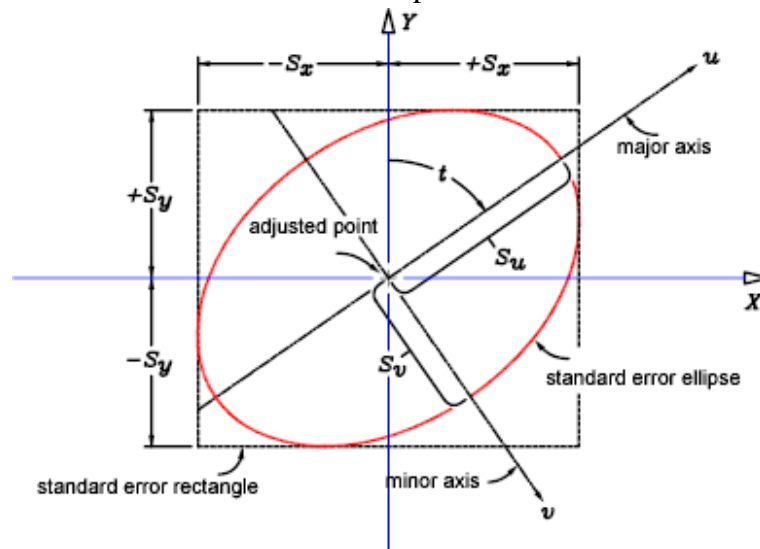
1. Kontrol yang digunakan dalam proses perataan
2. Ketelitian pengamatan
3. Geometri survey.

Dua elemen terakhir merupakan variabel yang dapat digunakan untuk mempertimbangkan perubahan suatu survey supaya dapat memberikan hasil yang optimal. Dalam merancang survey-survey yang meliputi pengukuran tradisional dengan menggunakan jarak dan sudut, estimasi ketelitian dapat dihitung untuk pengamatan yang telah dibuat dengan beberapa prosedur kombinasi yang berbeda dari peralatan dan lapangan. Berbagai variasi percobaan dilakukan dalam penempatan stasiun untuk membentuk geometri jaringan. Kombinasi pengukuran dan geometri jaringan yang berbeda dapat diproses melalui hitung perataan least-square, kemudian ellips kesalahan stasiun hasil perhitungan diplot, dan dicek ulang sesuai hasil yang diinginkan. Apabila diperoleh tujuan yang dapat diterima dalam proses, peralatan, prosedur pengukuran dan geometri jaringan yang hasilnya sesuai dapat digunakan dalam pengukuran. Proses keseluruhan ini dinamakan rancang jaringan, dan surveyor dituntut kemampuan dalam memilih peralatan dan teknik pengukuran di lapangan untuk memutuskan sejumlah lokasi dari stasiun yang memberikan ketelitian yang sangat tinggi dengan biaya yang sangat rendah sebelum mereka turun ke lapangan.

II.2.1. Penentuan Parameter Ellips Kesalahan

Bentuk, ukuran serta orientasi suatu ellips kesalahan relative umumnya direpresentasikan dengan parameter-parameter setengah sumbu panjang(a/S_u), setengah sumbu pendek (b/S_v), serta sudut jurusan dari sumbu Panjang ellips kesalahan (t). Ketiga parameter tersebut dihitung berdasarkan pada matriks dan standar deviasi (S_o) dari hasil proses perataan.

Gambar 2.2. Ellips Kesalahan



Sumber: Docs.autodesk.com

a. Rumus Parameter Ellips Kesalahan

1. Parameter sudut jurusan (t)

$$\tan 2t = \frac{2Q_{xy}}{Q_{yy} - Q_{xx}} = \frac{\sin 2t}{\cos 2t}$$

t tergantung dari permutasi tanda yang dihasilkan oleh sin 2t dan cos 2t, sehingga nilai t sebenarnya pada setiap kuadran dapat ditentukan sesuai dengan tabel dibawah ini :

Tabel 2.2. Letak Kuadran Untuk Sudut t

Tanda Aljabar		Kuadran
Sin 2t	Cos 2t	
+	+	1
+	-	2
-	-	3
-	+	4

2. Parameter setengah sumbu panjang (Su)

$$Q_{uu} = \frac{1}{2} (Q_{yy} + Q_{xx} + K)$$

Dengan :

$$K = [(Q_{yy} - Q_{xx})^2 + 4 (Q_{xy})^2]^{1/2}$$

$$S_u = \pm S_o \sqrt{Q_{uu}}$$

3. Parameter setengah sumbu pendek (Sv)

$$Q_{vv} = \frac{1}{2} (Q_{yy} + Q_{xx} - K)$$

$$S_v = \pm S_o \sqrt{Q_{vv}}$$

4. Parameter tambahan

$$S_x = \pm S_o \sqrt{Q_{xx}}$$

$$S_y = \pm S_o \sqrt{Q_{yy}}$$

II.3. Teori Hitung Perataan

Rumus untuk matriks variansi untuk suatu fungsi atau parameter Z adalah:

$$\Sigma_{zz} = (A \Sigma A^T)$$

A adalah matriks Jacobian yang diperoleh dari turunan pertama fungsi Z terhadap variable yang tidak diketahui

Σ = matriks variansi pengukuran, merupakan matriks diagonal karena data pengukuran tidak berkorelasi

Penurunan taksiran kesalahan dalam perhitungan $D \sin$ Azimuth dan $D \cos$ Azimuth

Misalnya $Lat = D \cos$ Azimuth = $D \cos$ Az

$Dep = D \sin$ Azimuth = $D \sin$ Az

Turunan pertama taksiran kesalahan Lat dan Dep, adalah:

$$\begin{aligned} \frac{dLat}{dD} &= \cos Az & \frac{dLat}{dAz} &= - D \sin Az \\ \frac{dDep}{dD} &= \sin Az & \frac{dDep}{dAz} &= D \cos Az \end{aligned}$$

Berikut ini adalah matriks A sebagai linierisasi untuk D cos Azimuth dan D sin Azimuth: (Wolf, 2006, hal 113)

$$\begin{bmatrix} \cos Az_{12} & -D_{12} \sin Az_{12} & 0 & 0 & \vdots & 0 & 0 \\ \sin Az_{12} & D_{12} \cos Az_{12} & 0 & 0 & \vdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos Az_{23} & -D_{23} \sin Az_{23} & \vdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sin Az_{23} & D_{23} \cos Az_{23} & \vdots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \ddots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cos Az_{10.1} & -D_{10.1} \sin Az_{10.1} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sin Az_{10.1} & D_{10.1} \cos Az_{10.1} \end{bmatrix}$$

Sedangkan Σ adalah

$$\begin{bmatrix} \sigma_{12}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \left[\frac{\sigma_{Az23}}{\rho}\right]^2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{23}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \left[\frac{\sigma_{Az23}}{\rho}\right]^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \ddots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{n,n+1}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \left[\frac{\sigma_{Az n,n+12}}{\rho}\right]^2 \end{bmatrix}$$

σ adalah standar error

$\sigma_{n,n+1}$ adalah standar error jarak n ke n+1

$\sigma_{Az n,n+1}$ adalah standar error azimuth n ke n+1

ρ radian x secon = 206264.8062

Kesalahan perhitungan ellips (95%) dihitung dengan F statistic dengan rumus :

$$S_{u95} = S_{u\text{std}} \sqrt{2F}$$

$$S_{x95} = S_{x\text{std}} \sqrt{2F}$$

$$S_{v95} = S_{v\text{std}} \sqrt{2F}$$

$$S_{y95} = S_{y\text{std}} \sqrt{2F}$$

Nilai F dibaca dari table F

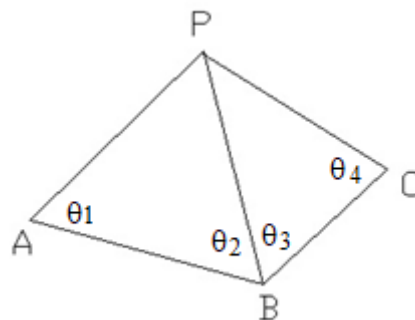
$$S_o = \sqrt{\left(\frac{dLat}{dD}\right)^2 + \left(\frac{dDep}{dD}\right)^2 + \left(\frac{dLat}{dAz}\right)^2 + \left(\frac{dDep}{dAz}\right)^2} =$$

II.4. Penelitian Terdahulu Yang Pernah Dilakukan

Agnes Sri Mulyani dkk (2020) pada hasil penelitiannya yaitu *The Best Angle In Intersection Method* dilakukan dengan tujuan untuk mencari sudut terbaik pada metode pemotongan kebelakang sehingga dapat menghasilkan koordinat yang paling teliti untuk pengikatan titik selanjutnya. Pemotongan kebelakang merupakan salah satu metode penentuan kerangka dasar yang dipakai dalam bidang pemetaan. Penentuan koordinat dengan metode ini cukup akurat apabila pengukuran dilakukan secara teliti, karena ada kontrol titik yang lain. Penelitian dilakukan dengan menghitung koordinat titik P yang terletak disebelah kiri titik-titik yang diketahui (A,B,C) dapat dilihat pada gambar 1.1. Jarak AB dan BC yang digunakan adalah sebesar 100 meter, perhitungan dilakukan dengan metode simulasi menggunakan program matlab.

Ketelitian koordinat P dievaluasi dengan ellips kesalahan dan nilai standar deviasi terhadap sumbu ellips kesalahan. Manfaat ellips kesalahan adalah memberikan informasi secara kritis mengenai ketelitian posisi stasiun yang diratakan, memberikan metode dalam membuat perbandingan secara visual tentang ketelitian secara relative antara dua stasiun yang lain. Dengan melihat bentuk, ukuran, dan orientasi tentang ellips kesalahan, maka beberapa survei dapat dibandingkan secara cepat dan jelas. Apabila bentuk ellips mendekati lingkaran, dan diperoleh nilai standar deviasi paling kecil, maka koordinat titik tersebut adalah koordinat yang teliti.

Gambar 2.3. Pemotongan Kebelakang Untuk Penelitian



Sudut terbaik untuk pemotongan kebelakang dengan gambar 2.3. adalah:

$$\Theta_1 = 49^\circ 8' 7''$$

$$\Theta_2 = 60^\circ 12' 8''$$

$$\Theta_3 = 61^\circ 21' 6''$$

$$\Theta_4 = 80^\circ 20' 10''$$

dengan bentuk ellips yang paling mendekati lingkaran dibandingkan dengan sudut yang lainnya. Sedangkan parameter sumbu panjang dan sumbu pendek adalah:

$$S_x = 7 \text{ mm,}$$

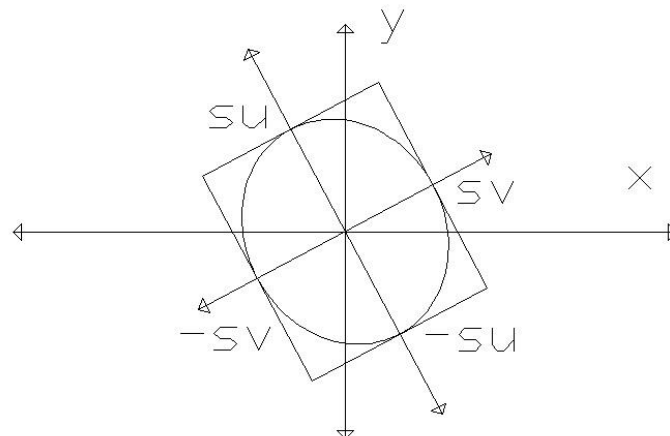
$$S_y = 5 \text{ mm}$$

$$S_u = 5 \text{ mm}$$

$$S_v = 7 \text{ mm}$$

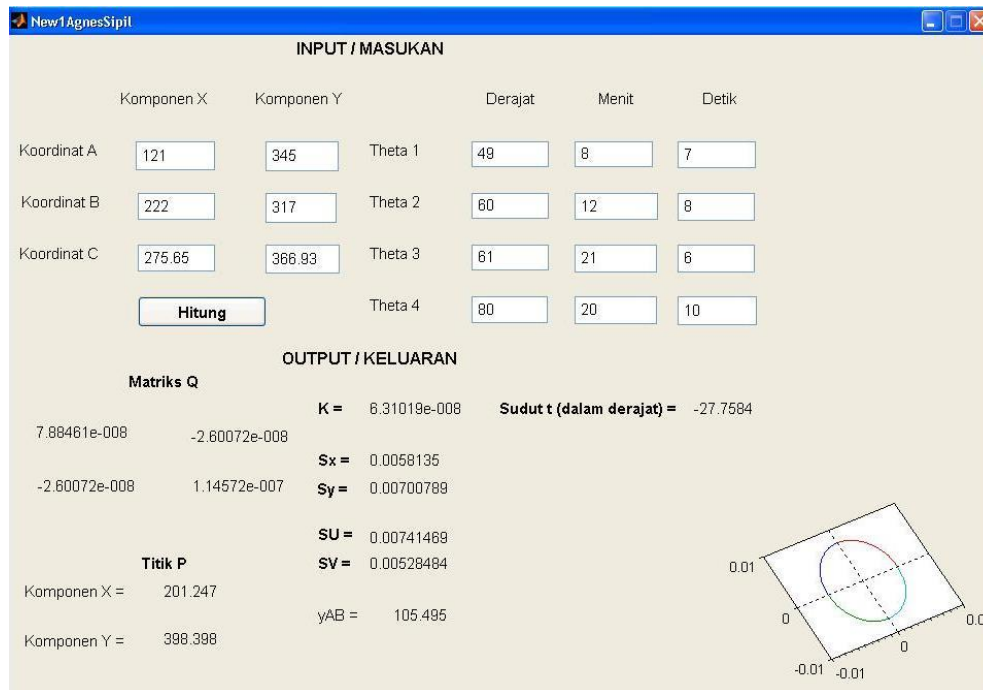
dengan bentuk geometri ellips kesalahan sangat mendekati lingkaran seperti gambar berikut:

Gambar 2.4. Bentuk Ellips Kesalahan Pemotongan Kebelakang



Tampilan masukan dan keluaran hasil penelitian sebagai berikut:

Gambar 2.5. Masukan dan Keluaran Hasil Penelitian Pemotongan Kebelakang



Anindya et all, (2019), menganalisis ketelitian titik kontrol yang akan dipakai untuk menghasilkan peta topografi skala besar dari Fiel Research Center Sekolah Vokasi-UGM. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa titik kontrol hasil pengukuran dengan pengamatan GNSS(Global Navigation Satellite System) yang memenuhi orde-3 SNI JKH (Standar Nasional Indonesia Jaring Kontrol Horizontal), dapat menghasilkan ketelitian komponen horizontal kelas-3 dan vertikal kelas-1 dari peta topografi skala 1:1.000.

Suryoto, (2011), melakukan analisis Poligon sebagai kerangka dasar horizontal pemetaan dengan menggunakan alat ukur powerset seri SET1 010, sedangkan pengecekan datanya didasarkan pada rumus matematis yang digunakan dalam perhitungan koordinat poligon tertutup. Dengan mencermati setiap tahapan hasil perhitungan seperti salah penutup sudut, ukuran jarak, proyeksi jarak pada arah sumbu x dan sumbu y, maka dapat dilakukan analisis tingkat ketelitian pengukuran poligon berupa : Analisis tingkat ketelitian ukuran sudut, ukuran jarak, salah penutup sudut dan salah penutup linear jarak. Adapun tingkat ketelitian hasil ukuran sudut pada masing-masing titik poligon

antara 3" s/d 8" .Tingkat ketelitian pengukuran jarak antar titik poligon sekitar 1:31.000. Salah penutup sudut dalam rangkaian poligon yang terdiri 10 titik sebesar 23" atau memenuhi persyaratan $7''\sqrt{n}$, dimana n = jumlah titik polygon. Salah penutup linear koordinat 1:4800, dalam hal ini panjang jarak poligon: 77,109 m ada kesalahan jarak sekitar 0,1485 m.

Dari hasil analisis pengolahan data dihasilkan bahwa dalam satu desain jaring semakin banyak loop dan juga baselinedalam 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. 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 abso

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dipakai adalah melakukan pengukuran kerangka dasar pemetaan berupa poligon tertutup, kemudian dilakukan analisis koordinat dengan menggunakan ellips kesalahan. Analisis dilakukan dengan cara melihat bentuk geometrik ellips untuk setiap titik poligon. Pada titik koordinat dengan Ellips yang bentuknya mendekati bentuk lingkaran maka titik tersebut mempunyai ketelitian yang tinggi dibandingkan dengan titik dengan bentuk ellips.

III.2. Bahan dan Alat Yang Digunakan Untuk Penelitian

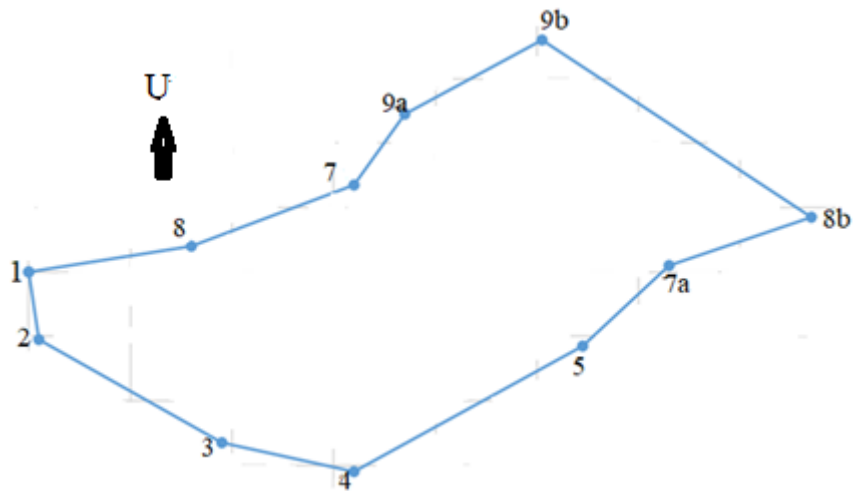
Alat Yang Digunakan pada penelitian kali ini digunakan mesin hitung sebagai pengolah data, dan komputer untuk penggambaran, serta program Matlab.

- a. Data pengukuran diukur dengan Theodolit Kolida DT 02 + tripot
- b. Yalon/anjir
- c. Meteran
- d. Formulir hitungan
- e. Kertas gambar
- f. Alat tulis

III.3. Pelaksanaan Penelitian

Pada penelitian ini dibuat suatu jaring poligon tertutup dengan jumlah titik 11 yang diukur dengan Theodolit Kolida DT 02. Kemudian diukur azimuth awal, semua sudut dalam dan semua jarak, dihitung koordinatnya kemudian poligon digambar. Penelitian dilaksanakan di Kampus UKI Cawang pada tanggal 23-25 Nopember 2018 dengan menggunakan jaring poligon tertutup dan menggunakan titik tinggi lokal, dengan bentuk jaring tersebut adalah:

Gambar 3.1. Bentuk Jaring Poligon



Pengukuran dimulai dari stasiun 1, kemudian ke stasiun 2,3,4 dan seterusnya sampai kembali ke titik 1. Azimuth awal diukur di stasiun 1, semua sudut dalam dan jarak diukur. Data hasil pengukuran lapangan dihitung untuk mendapatkan koordinat titik poligon dan ellips kesalahan, kemudian digambarkan bentuk poligon dan ellips kesalahan di tiap stasiun.

BAB IV
HASIL PENELITIAN

IV.1. Hasil Hitungan Koordinat Poligon

Tabel 4.1. Hitungan Poligon Tertutup

STA	SUDUT HORIZONTAL			JARAK m	AZIMUTH			d sin		d cos		KOORDINAT	
	o	'	"		o	'	"	+	-	+	-	X	Y
								m	m	m	m	m	m
1												0	0
	97	56	28	21.45	174	7	8	2.20			21.34	2.35	-21.45
2												2.35	-21.45
	137	10	52	47.68	131	18	0	35.82			31.47	35.97	-31.58
3												38.32	-53.03
	158	48	47	26.75	110	6	47	25.12			9.20	25.27	-9.31
4												63.59	-62.34
	118	41	5	60.94	48	47	2	45.84		40.15		45.39	39.42
5												108.98	-22.92
	165	34	54	30.14	34	22	6	17.01		24.88		17.27	24.56
7a												126.25	1.64
	205	45	2	32.02	60	7	48	27.77		15.95		27.92	15.75
8b												154.17	17.39
	75	32	32	73.04	315	40	20		51.04	52.25		-52.95	54.21
9b												101.22	71.6
	91	23	58	36.58	230	24	18		28.19		23.31	-27.24	-22.79
9a												73.98	48.81
	160	3	13	23.89	210	27	31		12.11		20.59	-10.7	-21.41
7												63.28	27.4
	210	35	18	35.73	237	39	53		30.19		19.11	-31.03	-19.26
8												32.25	8.14
	198	27	51	33.34	256	7	44		32.37		7.99	-32.25	-8.14
1												0	0
								153.76	153.90	133.23	133.01		

Tabel 4.1. menunjukkan hitungan poligon tertutup 11 buah titik dalam penelitian

Tabel 4.4. Hasil Hitungan Sudut t

	A*Std.error = B		A Transpose		B*A Transpose		
1	-0,039789466	-2,06638E-10	-0,994736651	0,102464604	0,039580041	-0,00407701	t = 5° 52'52"
	0,004098584	-2,00607E-09	-2,197865761	-21,33710116	-0,004077007	0,000420003	
2	-0,026400067	-3,36774E-09	-0,660001668	0,751264133	0,017424209	-0,01983332	t = 138° 42'00"
	0,030050565	-2,95863E-09	-35,82027389	-31,46887953	-0,019833317	0,022576005	
3	-0,013754947	-2,3616E-09	-0,34387367	0,93901592	0,004730023	-0,01291609	t = 159°53'13"
	0,037560637	-8,64833E-10	-25,11867588	-9,198620671	-0,012916092	0,035270044	
4	0,02635604	-4,30985E-09	0,658901007	0,752229661	0,017366219	0,019825622	t = 41° 12'58"
	0,030089186	3,77513E-09	-45,84087554	40,15342737	0,019825622	0,02263413	
5	0,033017025	-1,59965E-09	0,825425622	0,564510887	0,027253126	0,01863843	t = 55°37'54"
	0,022580435	2,339E-09	-17,01435814	24,87832826	0,01863843	0,01274696	
6	0,019921351	-2,61053E-09	0,4980337865	0,867157637	0,009921579	0,01727491	t = 29° 52'12"
	0,034686305	1,49934E-09	-27,76638756	15,94744501	0,01727491	0,030078519	
7	0,028614162	4,79844E-09	0,715354048	-0,698762181	0,020469501	-0,01999424	t = 134° 19'40"
	-0,027950487	4,91238E-09	51,0375897	52,24945969	-0,019994243	0,019531	
8	-0,02549427	2,65012E-09	-0,637356747	-0,770568865	0,01624902	0,019645029	t = 39° 35'42"
	-0,030822755	-2,19198E-09	28,18740910	-23,31450982	0,019645029	0,023751106	
9	-0,034479823	1,13858E-09	-0,861995567	-0,506915813	0,029721468	0,017478344	t = 59° 32'29"
	-0,020276633	-1,93611E-09	12,11021878	-20,5930741	0,017478344	0,010278586	
10	-0,021394907	2,83834E-09	-0,534872687	-0,534872687	0,011443637	0,011443497	t = 45° 00'0,23"
	-0,021394907	-1,79677E-09	30,18944413	-19,11100111	0,011443497	0,011443586	
11	-0,009589543	3,04314E-09	-0,23973857	-0,970837483	0,002299082	0,009309863	t = 13°52'16"
	-0,038833499	-7,51473E-10	32,36772167	-7,992883946	0,009309863	0,037701023	

Tabel 4.5. Perhitungan Su, Sv, Sx dan Sy

t	Su	Sv	Sx	Sy
5° 52' 52"	0,026133293	0,026133293	0,0258632	0,00266422
138° 42' 00"	0,008809992	0,015101872	0,0171601	0,01953291
159° 53' 13"	0,026	3,36869E-05	0,0089408	0,02441442
41° 12' 58"	0,011474854	7,68269E-05	0,0171315	0,01955804
55° 37' 54"	0,026	3,80894E-05	0,0214611	0,01467732
29° 52' 12"	0,026	4,05256E-05	0,0129489	0,02254611
134° 19' 40"	0,026	9,21093E-05	0,0185993	0,01816794
39° 35' 42"	0,026	4,61099E-05	0,0165713	0,02003481
59° 32' 29"	0,026	3,01861E-05	0,0224119	0,01317984
45° 00' 0,23"	0,019667032	4,39891E-05	0,0139067	0,01390671
13° 52' 16"	0,026	4,20968E-05	0,0062333	0,02524178

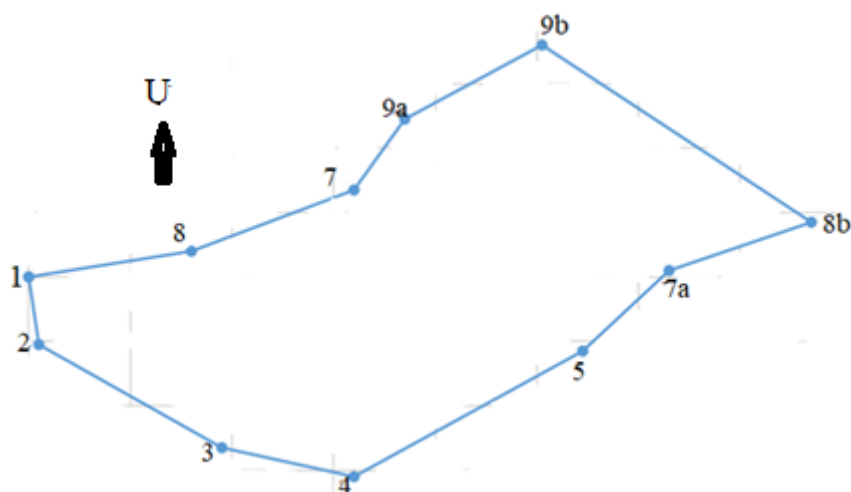
BAB V PEMBAHASAN

V.1. Geometri Jaringan

Salah satu parameter yang sering digunakan untuk menilai kualitas koordinat relatif yang diperoleh dari proses pengolahan koordinat adalah ukuran ellips kesalahan relatif. Ellips kesalahan relatif ini secara statistik memberikan daerah kepercayaan (*confidence region*) koordinat horizontal suatu titik relatif terhadap titik yang lainnya. Ellips kesalahan relatif kadangkala disebut juga sebagai ellips kesalahan garis. Bentuk, ukuran serta orientasi suatu ellips kesalahan relatif umumnya direpresentasikan dengan parameter-parameter setengah sumbu panjang (a/S_U), setengah sumbu pendek (b/S_V) serta sudut jurusan sumbu panjang ellips kesalahan (t). Ketiga parameter tersebut dapat dihitung berdasarkan pada matriks kovarians dan standar deviasi (S_0) dari hasil proses perataan

Berdasarkan hasil penggambaran ellips kesalahan, hanya titik poligon nomor 2 yang bentuknya ellips yang mendekati lingkaran. Dilihat dari geometri jaringan, bentuk poligon hampir mirip bentuk jajaran genjang, dengan jumlah titik kontrol hanya satu buah, yaitu titik 1. Faktor pengukuran di lapangan yang kurang teliti juga mungkin terjadi sehingga bentuk ellips kesalahan sembilan buah titik sangat jauh dari bentuk lingkaran

Gambar 4.1. Bentuk Jaring Poligon

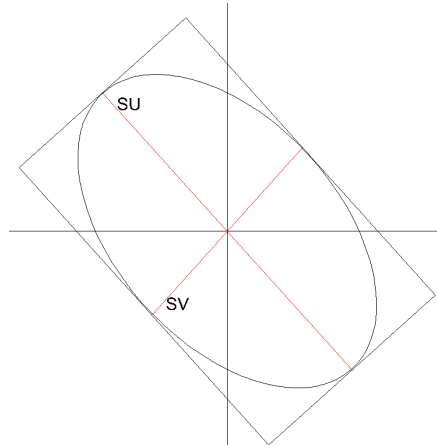


V.2. Analisis Bentuk Ellips Kesalahan

Berdasarkan hasil plotting sebelas titik poligon yang sudah dilakukan maka hanya titik kedua, yaitu titik terdekat dengan titik pertama (titik yang diketahui koordinatnya, dianggap tidak ada kesalahan) yang mempunyai bentuk ellips yang agak mendekati lingkaran. Sembilan titik lainnya mempunyai bentuk yang sangat jauh dari ellips, dengan perbandingan panjang S_u lebih besar dibanding dengan S_v , terletak jauh dari titik kontrol, yaitu titik 1. Ellips yang lebih kecil memiliki ketelitian yang lebih tinggi dibandingkan dengan ellips kesalahan yang lebih besar

Adapun bentuk ellips kesalahan stasiun 2 adalah sebagai berikut:

Gambar 4.2. Ellips Kesalahan Poligon Stasiun 2



Koordinat titik yang teliti akan menghasilkan ellips kesalahan yang berbentuk bulat dan berukuran sama. Walaupun kondisi tersebut susah dicapai akan tetapi paling tidak ellips kesalahan mempunyai bentuk yang mendekati lingkaran. Ketelitian arah ellipsoid semua stasiun poligon mempunyai ketelitian relative tinggi pada arah timur barat dibandingkan dengan pada arah utara selatan (lampiran halaman 27-34).

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran poligon yang dilakukan, dan plotting hasil ellips kesalahan stasiun poligon, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Hasil ellips kesalahan yang paling mendekati lingkaran adalah stasiun nomor 2, yaitu stasiun yang paling dekat dengan stasiun titik awal (stasiun kontrol).
2. Arah orientasi ellips kesalahan timur barat relative lebih tinggi dibanding arah utara-selatan

VI.2. Saran

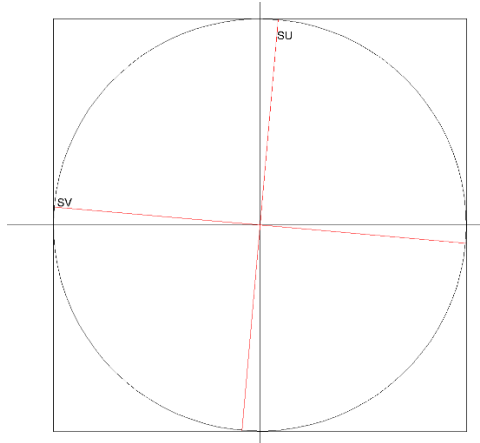
Pada pengukuran selanjutnya sebaiknya ditambah titik kontrol dan geometri jaringan yang baik dengan cara melakukan simulasi bentuk jaringan sebelum melakukan pengukuran agar didapatkan kerangka dasar pemetaan dengan ketelitian yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

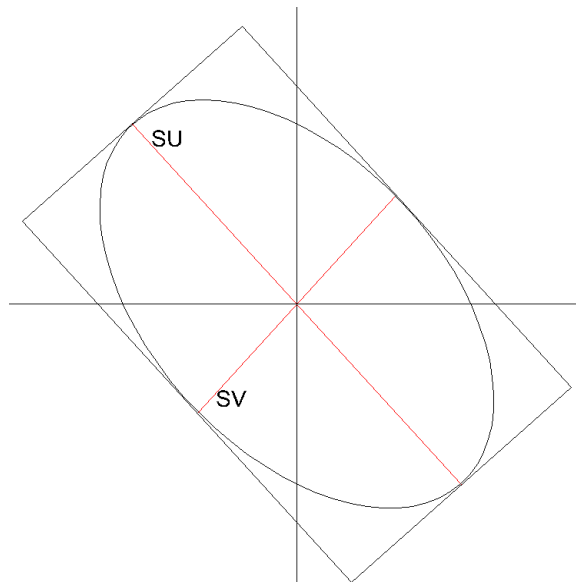
- Agnes Sri Mulyani dan Tampubolon, S., (2015), Analisis Ketelitian Pengukuran Tinggi Dengan Menggunakan Total Station dan Sipat Datar, Studi Kasus Daerah Ciloto, Puncak-Jawa Barat.
- Agnes Sri Mulyani dan Tampubolon, S., (2020), The Best Angle In Intersection Method, International Journal of Modern Research In Engineering and Technology, Volume 5, Issue 3
- Anindya Sricandra Prasyda, Untung Rahardjo, 2019, Analisis Ketelitian Titik Kontrol Dalam Rangka Pemetaan Topografi Skala Besar Di Lahan Field Research Center (FRC), Jurnal Geografi, Volume 11 Nomor 2 (193-205)
- Basuki, Slamet (2011), Ilmu Ukur Tanah, Edisi Revisi, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Fuad Hari Aditya, Bambang Darmo Yuwono, Bandi Sasmito, 2015, Analisis Geometri Jaring Pada Pengukuran GPS Untuk Pengadaan Titik Kontrol Orde 2, Jurnal Geodesi Undip, Volume 4 Nomor 2, halaman 267-276.
- Nawawi, Gunawan, Santoso, Gunawan, 2001, Modul Program Keahlian Mekanisasi Pertanian Mengukur Jarak Dan Sudut, Departemen Pendidikan Nasional Proyek Pengembangan Sistem Dan Standar Pengelolaan SMK Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan Jakarta.
- Paul R. Wolf, (2006), *Adjustment Computations*, 2nd Edition, John Wiley and Sons., Inc., Hoboken, New Jersey.
- Suryoto, 2011. Analisis Tingkat Ketelitian Pengukuran Poligon... Media Teknik Sipil, Vol. XI, No. 1, Hal. 55 - 60
- [:http://4.bp.blogspot.com/2XiJr1nO2Z8/TeB0jdbml3I/AAAAAAAAAGc/orpIW3FJwig/s1600/Un](http://4.bp.blogspot.com/2XiJr1nO2Z8/TeB0jdbml3I/AAAAAAAAAGc/orpIW3FJwig/s1600/Un)
- [:http://4.bp.blogspot.com/_ZLPz_7fd7NA/TN9y9VSIJLI/AAAAAAAAACLE/5hpw6GKc0ko/s1600/S](http://4.bp.blogspot.com/_ZLPz_7fd7NA/TN9y9VSIJLI/AAAAAAAAACLE/5hpw6GKc0ko/s1600/S)

LAMPIRAN

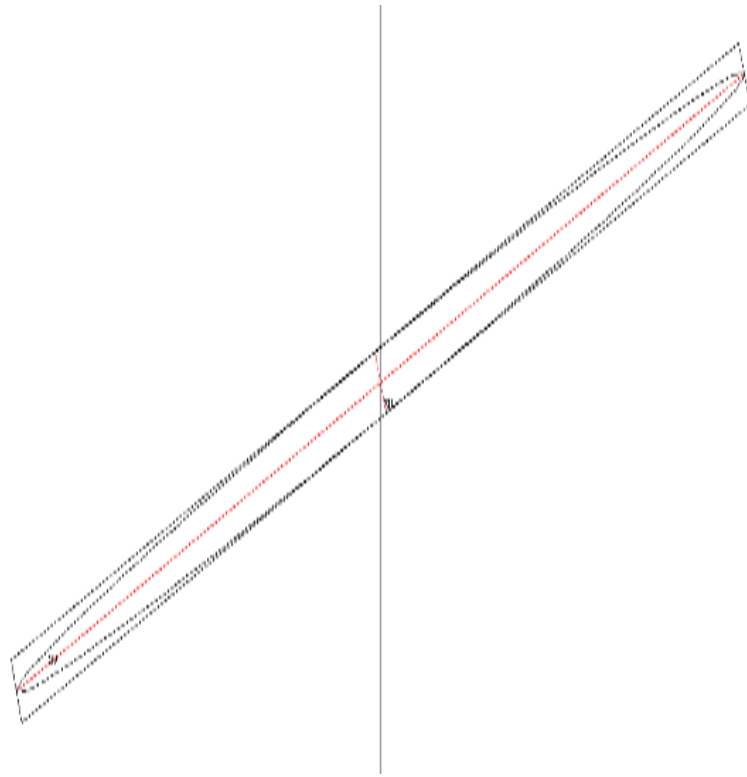
Gambar 1. Ellips Kesalahan Poligon Stasiun 1



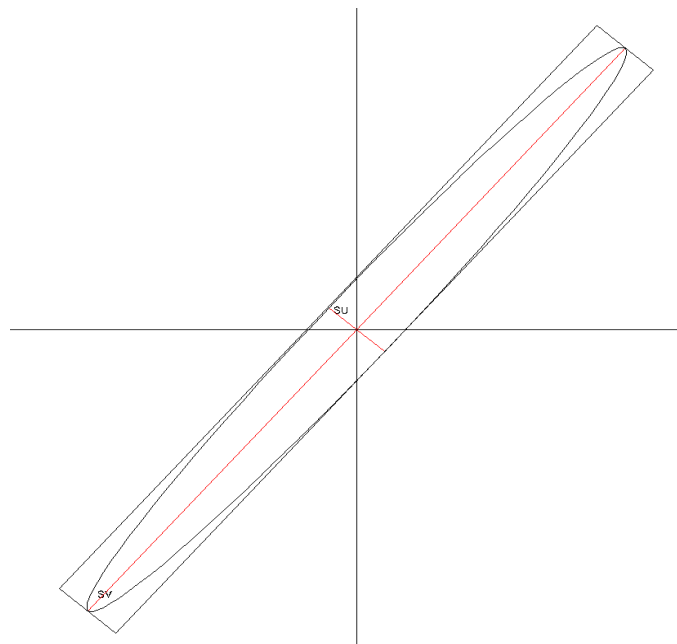
Gambar 2. Ellips Kesalahan Poligon Stasiun 2



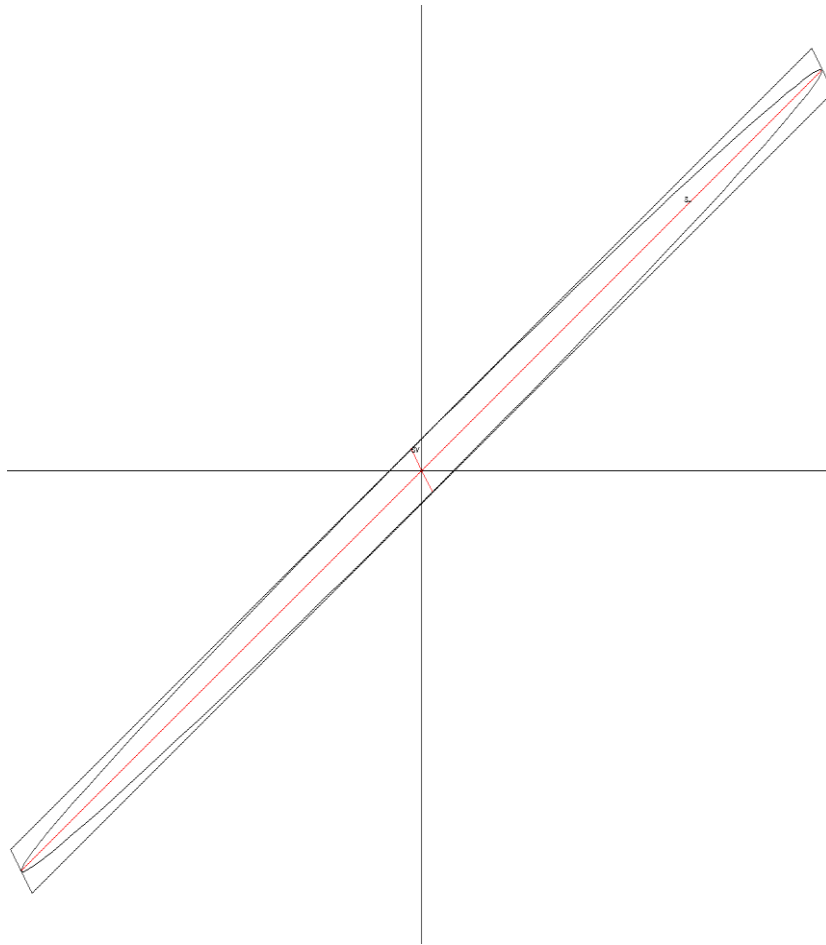
Gambar 3. Ellips Kesalahan Poligon Stasiun 3



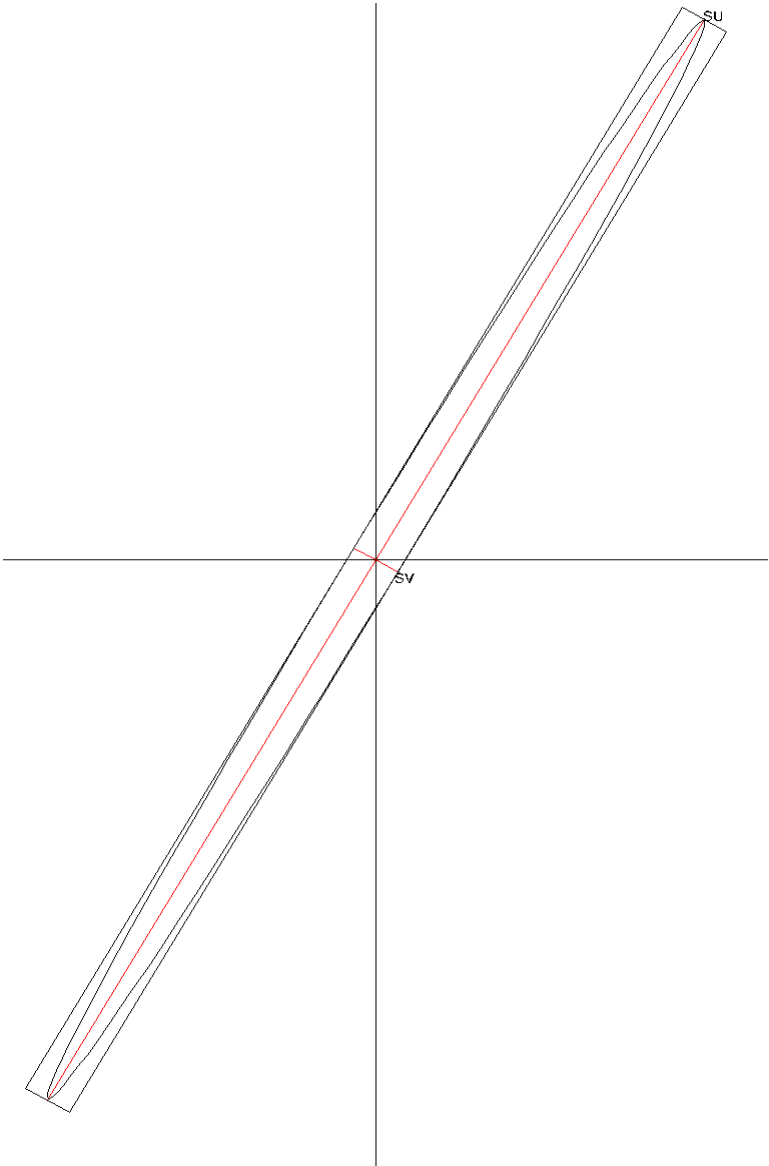
Gambar 4. Ellips Kesalahan Poligon Stasiun 4



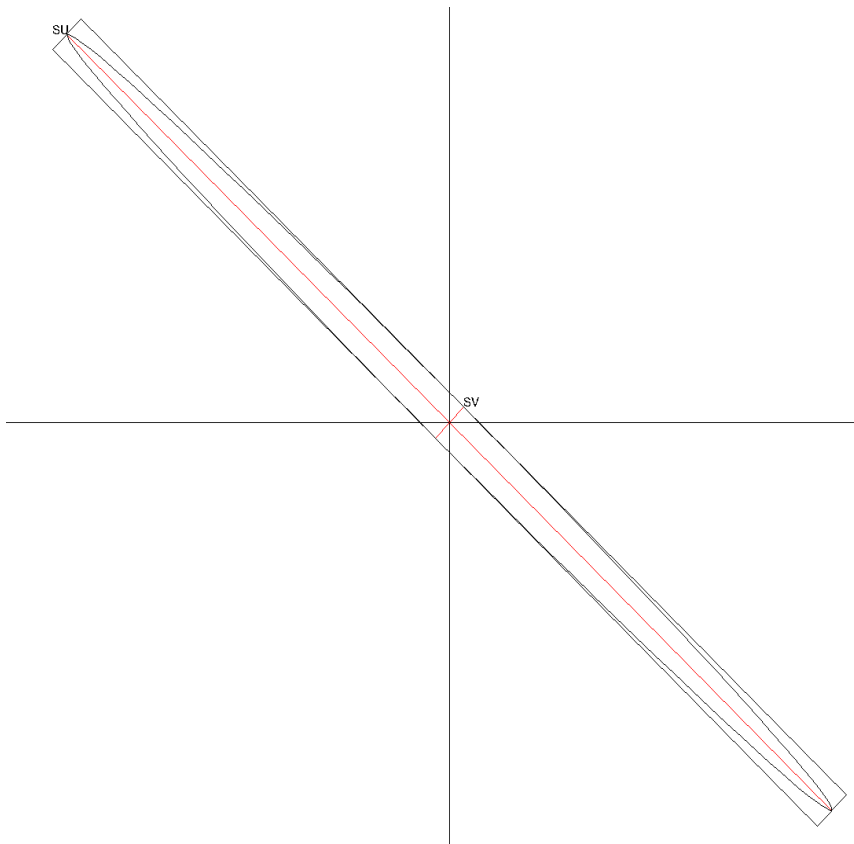
Gambar 5. Ellips Kesalahan Poligon Stasiun 5



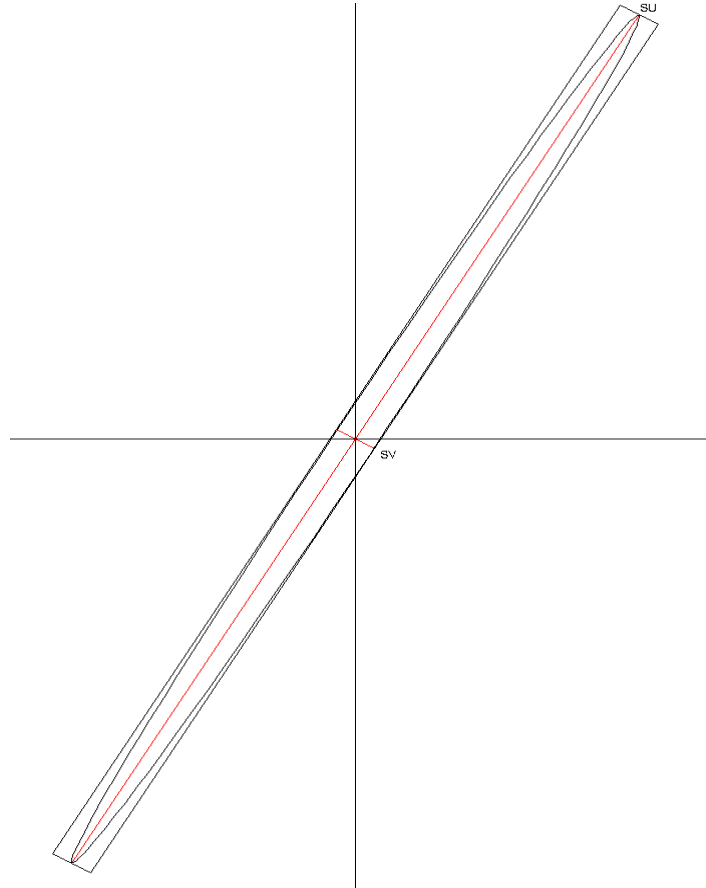
Gambar 6. Ellips Kesalahan Poligon Stasiun 7a



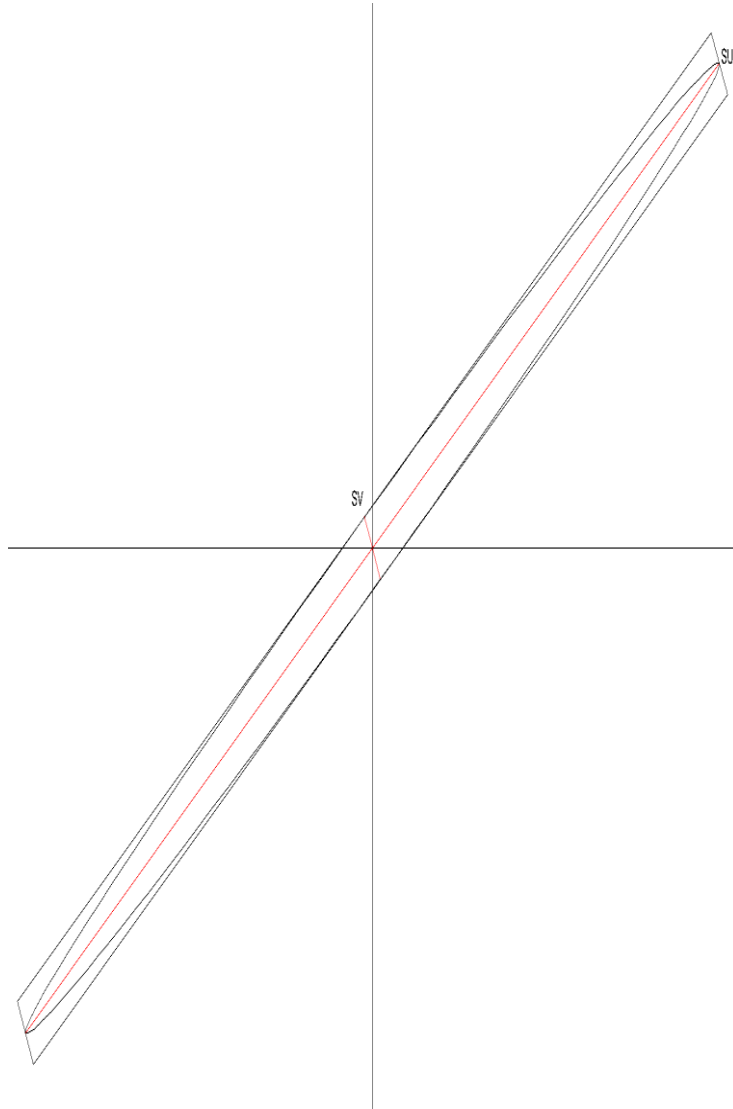
Gambar 7. Ellips Kesalahan Poligon Stasiun 8b



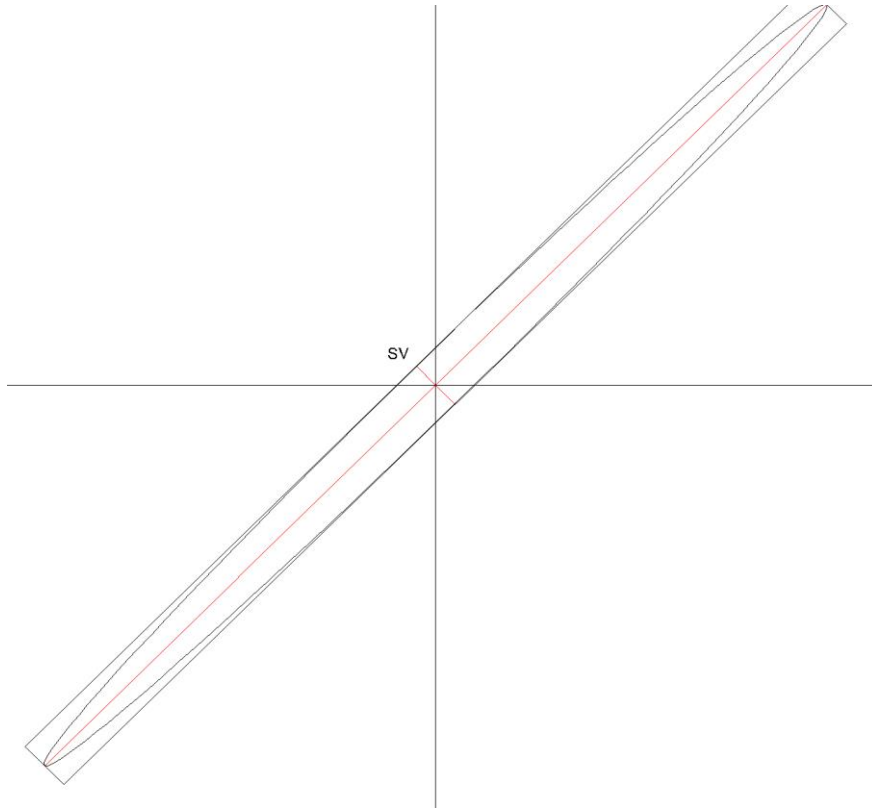
Gambar 8. Ellips Kesalahan Poligon Stasiun 9b



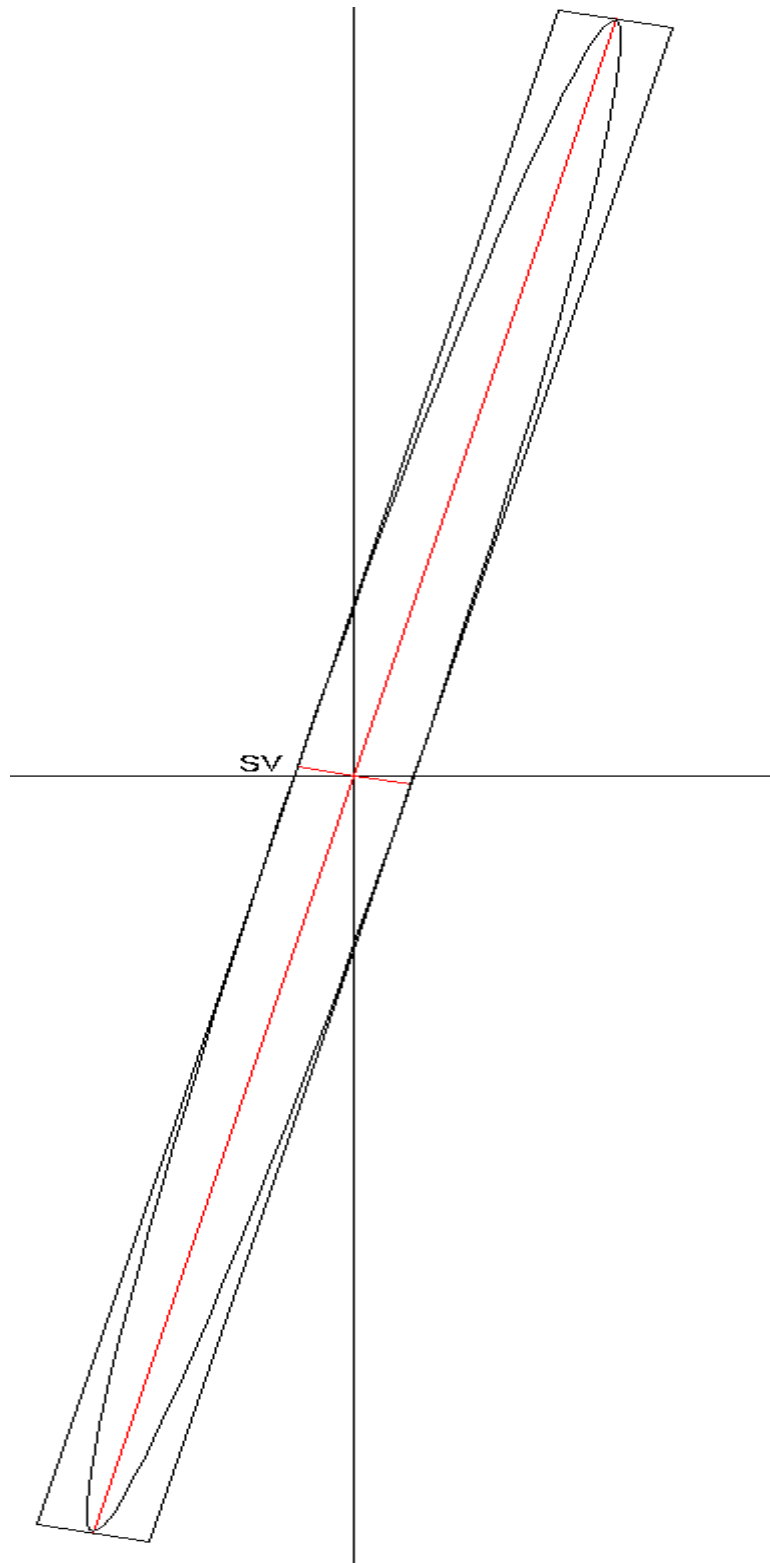
Gambar 9. Ellips Kesalahan Poligon Stasiun 9a



Gambar 10. Ellips Kesalahan Poligon Stasiun 7



Gambar 11. Ellips Kesalahan Poligon Stasiun 8



RIWAYAT PENELITI

Nama : Ir. Agnes Sri Mulyani, M.Sc.
 Pekerjaan : Dosen Tetap Jurusan Teknik Sipil
 Fakultas Teknik UKI
 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 :

No	Tahun	Judul Penelitian	Keterangan		
			Sumber*	Jml (Juta)	Publikasi
1	2012	Ketelitian Perhitungan Luas Dengan Metode Trapezoid Dibandingkan Dengan Metode Simpson Studi Kasus Daerah Aliran Sungai Kalibaru Kalurahan Cawang	UKI	5.000.000	Centech, 2020
2	2013	Sudut Terbaik Untuk Penentuan Posisi Dengan Metode Pemotongan Ke Belakang	UKI	5.000.000	IJMRET, 2020
3	2014	Analisa Ketelitian Pengukuran Tinggi Dengan Menggunakan <i>Total Station</i> dan Sipat Datar Studi Kasus Daerah Ciloto, Puncak-Jawa Barat	UKI	15.000.000	

4	2018	Analisis Hasil Pengukuran Tinggi Takhimetri Dengan Sipat Datar Teliti	UKI	7.500.000	Centech 2020
3	2020	Analysis of Calculation of Wooden Framework by Using SAP 2000 and Method of Joint (Penelitian Kelompok bersama Sudarno Tampubolon)	Mandiri	-----	
4	2020	Era Otomatisasi Pemetaan Dengan GPS	Mandiri (Studi Literatur)		Karya Ilmiah Dosen Dalam Rangka Dies UKI
5	2021	Antisipasi Terjadinya Pemanasan Global Dengan Deteksi Dini Suhu Permukaan Air Dari Data Satelit	Mandiri		Centech, 2021