

PEMBUATAN PROGRAM APLIKASI PERHITUNGAN JARING TRIANGULATERASI UNTUK PENENTUAN KOORDINAT TITIK PANTAU BENDUNGAN MENGGUNAKAN MATLAB R2009A

Rian Stadyanto, Bebas Purnawan², Dessy Apriyanti³

ABSTRAK

Bendungan Sermo merupakan bendungan yang berlokasi di wilayah Desa Hargowilis, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Yogyakarta, Indonesia. Bendungan berfungsi sebagai penahan besarnya volume debit air. Struktur bagian bendungan perlu diperhatikan untuk mengantisipasi jebolnya bendungan. Jebolnya suatu bendungan ditandai dengan perubahan koordinat pada titik-titik pantau penopang bendungan. Dari permasalahan tersebut maka diperlukan program aplikasi jaring triangulaterasi untuk menghitung nilai dari setiap pengamatan pada titik-titik pantau permanen bendungan Sermo, Program aplikasi dibuat dengan menggunakan *software* fasilitator *Matlab R2009a*. Program aplikasi tersebut dibuat dengan tujuan untuk mempermudah mendapatkan hasil perhitungan data koordinat yang di inginkan. Dasar perhitungan pada program aplikasi yang dibuat yaitu menggunakan perataan hitung kuadrat terkecil metode parameter, pengujian statistik yang digunakan uji statistik global, dan uji kesesuaian perbandingan program aplikasi menggunakan uji signifikansi beda parameter. Program aplikasi yang dibuat dibandingkan kesesuaiannya terhadap *Ms. Office Excel* dan *Software Micro Survey Starnet V7*. Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa pembuatan program aplikasi perhitungan jaring triangulaterasi untuk perhitungan titik pantau bendungan menggunakan fasilitas *Software Matlab R2009a*, telah memenuhi kesesuaian berdasarkan uji signifikansi yang telah dilakukan, sehingga telah diterima dan sudah dapat dipergunakan. Pemanfaatan lebih dari program aplikasi yang telah dibuat yaitu, dapat dipergunakan untuk mengidentifikasi nilai perubahan koordinat titik pantau bendungan setiap tahunnya.

Kata Kunci: Titik Pantau Bendungan, Triangulaterasi, Hitung Kuadrat Terkecil, *Matlab R2009a*, *Starnet V7*.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bendungan Sermo merupakan bendungan yang berlokasi di wilayah Desa Hargowilis, Provinsi Yogyakarta. Jebolnya suatu bendungan ditandai dengan adanya perubahan koordinat pada titik-titik pantau penopang bendungan. Dari permasalahan tersebut sangat diperlukan program aplikasi jaring triangulaterasi yang secara khusus dibuat hanya untuk menghitung nilai dari setiap pengamatan pada titik-titik pantau permanen bendungan Sermo, hal inilah yang menjadi tujuan utama dalam penelitian ini, karena program aplikasi tersebut mampu menghitung nilai koordinat dari titik-titik pantau tersebut, dengan maksud untuk mempermudah mendapatkan hasil perhitungan data koordinat yang di inginkan. Program aplikasi ialah suatu program yang dirancang dengan memanfaatkan fasilitas dari suatu aplikasi utama (*Software fasilitator*). Salah satunya adalah *software Matlab R2009a (Matrix Laboratory)*

Metode yang sesuai untuk perhitungan tersebut yaitu metode perataan parameter hitung kuadrat terkecil beserta uji statistiknya, karena didalam perhitungannya besar kaitannya dalam bentuk matriks. Hitung perataan kuadrat terkecil ini dimaksudkan untuk mendapatkan harga estimasi dari suatu parameter yang paling mendekati harga yang sebenarnya dengan cara menentukan besaran yang tidak diketahui (parameter) dari sekumpulan data ukuran yang mempunyai pengamatan lebih. Nilai parameter yang diperoleh dengan hitung perataan sebenarnya merupakan nilai estimasi terhadap nilai benar atau representasi dari nilai terbaik. Metode perataan ini dilakukan untuk dapat menentukan suatu nilai parameter, dengan meminimalisir kesalahan acak yang menghinggapi data hasil suatu pengukuran. Pengertian hitungan perataan itu sendiri adalah suatu cara untuk menentukan nilai koreksi yang harus diberikan pada hasil pengukuran.

Sedangkan istilah triangulaterasi tersebut pada ilmu geodesi ialah salah satu cara dalam metode pengukuran kerangka dasar horisontal, yang berupa serangkaian jaring segitiga yang didalamnya terdapat nilai ukuran jarak dan sudut. Rangkaian jaring segitiga yang dimaksudkan yaitu rangkaian titik-titik pantau sedangkan nilai jarak dan sudut didapatkan dari pengukuran jarak sudut antar titik pantau. Dalam pelaksanaannya, pada pengukuran titik-titik pantau bendungan Sermo jaring triangulaterasi ini diperkuat dengan diketahuinya tiga nilai koordinat tetap yang telah diketahui. Nilai koordinat bereferensi pada bidang *ellipsoid* datum WGS 84. Perlu diketahui pada penelitian ini titik-titik pantau hanya di fokuskan pada bidang horisontal saja. karena perbedaan pada koordinat 2D (X dan Y) saja yang ingin diketahui. Data yang digunakan berupa data akuisisi dari pengukuran pada periode tahun 2012 sampai dengan 2013, jadi penelitian ini hanya menghitung dan menganalisis dari data pengukuran yang sudah diambil sebelumnya. Sehingga tidak melakukan pengukuran secara langsung kelapangan, hanya mempergunakan hasil data dari pengukurannya saja.

1.2. Perumusan Masalah

Agar permasalahan dapat terjawab dan penelitian yang terfokus dan tidak keluar dari konteks maka diperlukan perumusan masalah. Adapun perumusan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Berapa nilai koordinat 2D (X dan Y) hasil hitung kuadrat terkecil metode parameter menggunakan *Microsoft Office Excel* dan *Software Micro Survey Starnet V7*, sebagai suatu perhitungan perbandingan.
2. Berapa nilai koordinat 2D (X dan Y) hasil hitung kuadrat terkecil metode parameter dengan program aplikasi yang dibuat menggunakan *Software Matlab R2009a*.
3. Seberapa signifikan perbedaan nilai koordinat 2D (X dan Y) antara hasil perhitungan *Microsoft Office Excel*, *Software Micro Survey Starnet V7*, dan program aplikasi yang dibuat menggunakan *Software Matlab R2009a*

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan rangkaian perhitungan perataan hitung kuadrat terkecil metode parameter menggunakan *Microsoft Office Excel* untuk tujuan mendapatkan nilai koordinat 2D.
2. Melakukan rangkaian perhitungan perataan hitung kuadrat terkecil metode parameter menggunakan *Software Micro Survey Starnet V7*, untuk tujuan mendapatkan nilai koordinat 2D
3. Melakukan rangkaian perhitungan perataan hitung kuadrat terkecil metode parameter menggunakan program aplikasi yang dibuat menggunakan *Software Matlab R2009a* untuk mendapatkan nilai koordinat Melakukan perbandingan nilai koordinat 2D, antara hasil perhitungan dari *Microsoft Office Excel*, program aplikasi yang dibuat menggunakan *Software Matlab R2009a*, dan dengan menggunakan *Software Micro Survey Starnet V7*, untuk tujuan uji kelayakan nilai koordinat 2D (X dan Y) yang dihasilkan.

1.4 Batasan Penelitian

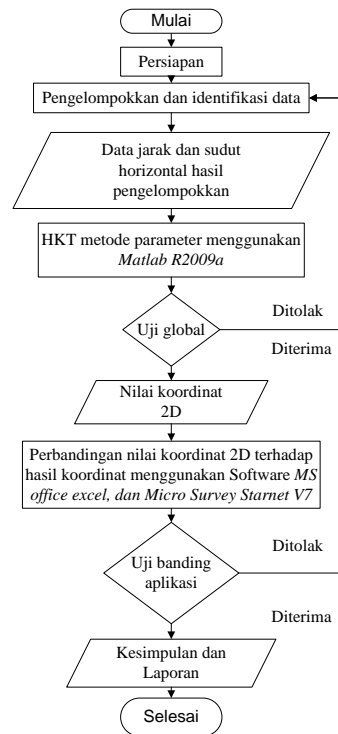
Penelitian ini masalah dibatasi pada:

1. Data sekunder berupa data jarak ukuran dan sudut ukuran pada jaring triangulaterasi beserta nilai variannya dan tiga koordinat tetap yang telah diketahui.
2. Bidang proyeksi yang digunakan UTM zone 49 South
3. Dilakukan perhitungan perataan hitung kuadrat terkecil metode parameter dengan membuat program aplikasi perhitungan menggunakan *Software Matlab R2009a*.
4. Tidak dilakukannya proses reduksi pemindahan jarak dan sudut dari fisis bumi, geoid, ellipsoid, hingga bidang proyeksi.
5. Dilakukan perhitungan perataan hitung kuadrat terkecil metode parameter dengan menggunakan *Microsoft Office Excel*.

6. Hasil perhitungan menggunakan *Microsoft Office Excel*, dianggap benar, karena formula perhitungan mengacu pada penelitian sebelumnya.
7. Dilakukan perhitungan perataan hitung kuadrat terkecil metode parameter dengan menggunakan *Software Micro Survey Starnet V7*.
8. Dilakukan uji statistik yaitu uji global dengan membuat program aplikasi perhitungan menggunakan *Software Matlab R2009a*.
9. Hasil perhitungan berupa nilai koordinat 2D (X dan Y) titik-titik pantau bendungan.
10. Dilakukannya perbandingan hasil koordinat yang diperoleh dari hitungan menggunakan program aplikasi yang dibuat dengan *Software Matlab R2009a* terhadap koordinat yang diperoleh dari hitungan menggunakan *Microsoft Office Excel* dan *Software Micro Survey Starnet V7*.
11. Dilakukan perbandingan pada nilai hasil koordinat 2D (X dan Y) periode 2012 dan 2013, sebagai manfaat tambahan secara terapan dari program aplikasi yang telah dibuat, guna melihat perubahan nilai koordinat titik pantau pada bendungan Sermo.
12. Program Aplikasi dibuat tidak secara fleksibel karena hanya diperuntukkan pada kegiatan pengamatan titik pantau permanen bendungan Sermo saja.

1.5 Metodologi Studi

Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan program aplikasi untuk jaring triangulaterasi, yang akan menghasilkan data koordinat 2D (X dan Y), pada titik-titik pantau bendungan Sermo. Metodologi penulisan diperlukan dalam proses ini guna menunjang hasil laporan penelitian ilmiah tersebut, yang dilakukan dalam penulisan ini terdiri dari beberapa tahapan, diantaranya, dengan adanya persiapan, penentuan lokasi penelitian, diagram alir penelitian, jadwal penelitian, hingga sistematika penulisan laporan. Berikut diagram alir penelitiannya:



Gambar 1. Diagram Alir

Persiapan Software

- a. *Software Ms.Office 2007* digunakan untuk proses pembuatan laporan
- b. *Software Matlab R2009a* digunakan untuk proses pembuatan aplikasi perhitungan jaring triangulaterasi..
- c. *Software Microsoft office excel* digunakan untuk pembandingan hasil koordinat yang diperoleh dari aplikasi *Matlab.R2009a*
- d. *Software Micro Survey Starnet V7* digunakan untuk pembandingan hasil koordinat yang diperoleh dari aplikasi *Matlab.R2009a*
- e. *Software Arc GIS 10.2* digunakan pada saat penggambaran Jaring triangulaterasi pada bendungan Sermo.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Metode Triangulaterasi

Jaring kontrol horisontal adalah sekumpulan dari beberapa titik kontrol horisontal yang satu sama lainnya diikatkan dengan data ukuran jarak atau sudut, dan koordinatnya ditentukan dengan metode pengukuran dan perhitungan tertentu, dalam suatu sistem referensi koordinat horisontal. Pengadaan jaring kontrol horisontal ini dapat dilakukan dengan metode terestris (SNI,19-

6724-2002). Dalam pengukuran jaring kontrol horisontal, ada berbagai metode jaring yang sering digunakan yaitu poligon, triangulasi, trilaterasi, triangulaterasi, pemotongan kemuka, dan metode pemotongan ke belakang (Basuki, 2006).

2.2 Sistem Koordinat Kartesius

Koordinat berdasarkan kamus besar bahasa Indonesia adalah bilangan yang dipakai untuk menunjukkan lokasi suatu titik dalam garis, permukaan, atau ruang. Dalam matematika, terdapat sistem koordinat kartesius yang digunakan untuk menentukan setiap titik dalam bidang dengan menggunakan dua bilangan yang biasa disebut koordinat X (*absis*) dan koordinat Y (*ordinat*). Untuk mendefinisikan koordinat diperlukan dua garis berarah (sumbu X dan sumbu Y) yang tegak lurus satu samalain. Karena terdapat kedua sumbu bertegak lurus satu sama lain, bidang X dan Y terbagi menjadi empat bagian yang disebut kuadran, yang ditandai dengan angka I, II, III, dan IV. (Faradilla, 2014).

2.3 Hitung Perataan Kuadrat Terkecil

Setiap pengukuran selalu dihindangi kesalahan yang sifatnya acak. Oleh karena itu dibutuhkan suatu metode yang dapat menentukan nilai parameter tertentu dengan meminimalkan kesalahan acak. Hitung perataan adalah suatu cara untuk menentukan nilai koreksi yang harus diberikan pada hasil pengukuran, sehingga hasil pengukuran memenuhi syarat geometriknnya (Wolf, *Adjustment Computations* 1980). Syarat geometrik merupakan suatu kondisi yang harus dipenuhi dari hubungan suatu pengukuran dengan pengukuran lainnya (Wolf, *Adjustment Computations*, 1980).

Hitung perataan kuadrat terkecil dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan metode parameter. yaitu metode parameter hitung kuadrat terkecil (Nanang Stiaji, 2013). Adapun perumusan-perumusan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Jarak pendekatan

Dimana jarak pendekatan ini dapat ditentukan dengan adanya nilai dari

titik koordinat pendekatan (X dan Y) yang telah diketahui:

Rumusan jarak pendekatan:

$$d = \sqrt{(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2}$$

2. Sudut pendekatan

Dimana sudut pendekatan ini dapat ditentukan dengan adanya nilai dari titik koordinat pendekatan (X dan Y) dari suatu rangkaian segitiga, yang telah diketahui:

$$\alpha = \alpha_{i ke k} - \alpha_{i ke j}$$

$$\alpha = \text{Arctan} \frac{X_k - X_i}{Y_k - Y_i} - \text{Arctan} \frac{X_j - X_i}{Y_j - Y_i}$$

3. Matriks "L"

Dimana nilai matriks "L" jarak ini didapatkan dari pengurangan jarak dan sudut pendekatan yang telah di cari nilainya, terhadap jarak dan sudut ukuran yang telah diketahui darai hasil ukuran.

4. Matriks "A"

Matriks "A" yaitu turunan persamaan terhadap parameter. dalam perhitungan ini dimaksudkan untuk mendapatkan nilai koefisien dari suatu turunan. maka yang perlu dihitung yaitu turunan persamaan X_a, Y_a, X_b, Y_b . Berikut tahapan perhitungannya: Perlu diketahui dalam satu rangkaian segitiga terdapat enam persamaan parameter yang terdiri dari 3 jarak dan 3 sudut.

a. Turunan persamaan jarak

$$d_{12} = \sqrt{(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2} \text{ (contoh satu jarak)}$$

$$X_a = \frac{(X_j - X_i) \cdot (-1)}{\text{Jarak pendekatan } 1-2}$$

$$Y_a = \frac{(Y_j - Y_i) \cdot (-1)}{\text{Jarak pendekatan } 1-2}$$

$$X_b = \frac{(X_j - X_i)}{\text{Jarak pendekatan } 1-2}$$

$$Y_b = \frac{(Y_j - Y_i)}{\text{Jarak pendekatan } 1-2}$$

b. Turunan persamaan sudut

$$\alpha = \alpha_{i ke k} - \alpha_{i ke j} \text{ (contoh satu sudut)}$$

$$\alpha = \text{Arctan} \frac{X_k - X_i}{Y_k - Y_i} - \text{Arctan} \frac{X_j - X_i}{Y_j - Y_i}$$

$$X_a = \frac{-(Y_j - Y_i)}{(Y_j - Y_i)^2 + (X_j - X_i)^2}$$

$$Y_a = \frac{(X_j - X_i)}{(Y_j - Y_i)^2 + (X_j - X_i)^2}$$

$$X_b = \frac{-(X_k - X_i)}{(X_k - X_i)^2 + (Y_k - Y_i)^2} + \frac{Y_j - Y_i}{(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2}$$

$$Y_b = \frac{(X_k - X_i)}{(X_k - X_i)^2 + (X_k - X_i)^2} - \frac{X_j - X_i}{(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2}$$

$$X_c = \frac{(Y_k - Y_i)}{(X_k - X_i)^2 + (Y_k - Y_i)^2}$$

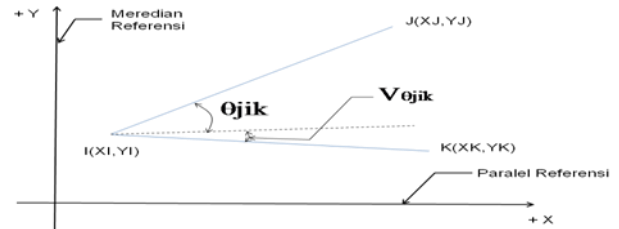
$$Y_c = \frac{-(X_k - X_i)}{(X_k - X_i)^2 + (Y_k - Y_i)^2}$$

Pada metode diatas, nilai parameter yang akan ditentukan memiliki hubungan linier, dan jika tidak linier, maka harus dilinierkan dengan deret Taylor (Hadiman, 1991). Hitung perataan kuadrat terkecil dimaksudkan untuk mendapatkan harga estimasi dari suatu parameter yang paling mendekati harga yang sebenarnya dengan cara menentukan besaran yang tidak diketahui (parameter) dari sekumpulan data ukuran yang mempunyai pengamatan lebih. Penyelesaian hitung kuadrat terkecil dilakukan dengan mencari suatu nilai akhir yang unik dengan cara tertentu sehingga jumlah kuadrat residualnya (V^{TPV}) minimum, sehingga tidak mungkin ada nilai hasil hitungan lain yang jumlah kuadrat residualnya (V^{TPV}) lebih kecil $\Sigma v_i^2 = \text{minimum}$ (Hadiman, 1991).

2.4 Linierisasi

Persamaan nonlinier persamaan yang memiliki turunan kedua tidak samadengan nol, sebagai contohnya adalah pada pengamatan sudut dan jarak. Pengamatan sudut dan jarak tersebut akan membentuk persamaan yang nonlinier. Sehingga diperlukan linierisasi pada persamaan sudut dan jarak tersebut dengan deret Taylor (Soeta'at, 1996).

Linierisasi Persamaan Pangamatan Sudut Dengan Deret yaitu, Sudut merupakan selisih bacaan arah horisontal yang satu dengan bacaan arah horisontal lainnya, yang terbentuk dari selisih azimuth di suatu titik. Sedangkan azimuth merupakan model dari koordinat 2D (X, Y).



Gambar 2 Contoh sudut horizontal.

Model matematik pengamatan sudut pada gambar adalah :

$$\alpha = \text{arc tan} \frac{X_k - X_i}{Y_k - Y_i} - \text{arc tan} \frac{X_j - X_i}{Y_j - Y_i}$$

Pada persamaan tersebut, nilai X_a, Y_a, X_b, Y_b, X_c, dan Y_c adalah parameter, maka persamaan tersebut diturunkan terhadap masing-masing parameter, berikut tahapan turunan terhadap parameter yang terdiri dari:

a. Turunan terhadap X_a

$$X_i = \frac{\alpha}{\alpha X_i} = \frac{-(Y_j - Y_i)}{(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2}$$

b. Turunan terhadap Y_a

$$Y_i = \frac{\alpha}{\alpha Y_i} = \frac{X_j - X_i}{(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2}$$

c. Turunan terhadap X_b

$$X_j = \frac{\alpha}{\alpha X_j} = \frac{-(X_k - X_i)}{(X_k - X_i)^2 + (Y_k - Y_i)^2} + \frac{Y_j - Y_i}{(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2}$$

d. Turunan terhadap Y_b

$$Y_j = \frac{\alpha}{\alpha Y_j} = \frac{X_k - X_i}{(X_k - X_i)^2 + (Y_k - Y_i)^2} - \frac{X_j - X_i}{(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2}$$

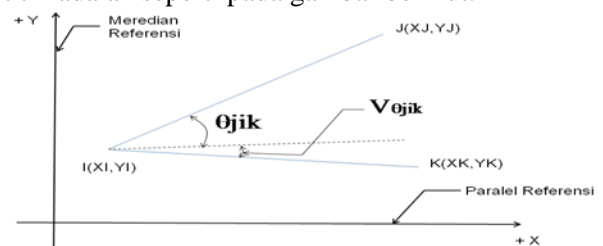
e. Turunan terhadap X_c

$$X_k = \frac{\alpha}{\alpha X_k} = \frac{(Y_k - Y_i)}{(X_k - X_i)^2 + (Y_k - Y_i)^2}$$

f. Turunan terhadap Y_c

$$Y_k = \frac{\alpha}{\alpha Y_k} = \frac{-(X_k - X_i)}{(X_k - X_i)^2 + (Y_k - Y_i)^2}$$

Linierisasi Persamaan Pengamatan Jarak Dengan Deret Taylor yaitu, Jarak merupakan selisih koordinat antara dua titik, bentuk geometri dari pengukuran jarak antara dua titik adalah seperti pada gambar berikut:



Gambar 3. Contoh jarak horizontal

Model matematis untuk bentuk geometri jarak sesuai gambar sebagai berikut :

$$d. 1 \text{ ke } 2 = \sqrt{(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2}$$

Persamaan diturunkan terhadap masing-masing parameter, yaitu X_i , Y_i , X_j , Y_j adalah sebagai berikut :

1. Turunan terhadap X_1

$$x_i = \frac{\alpha d}{\alpha X_i} = \frac{-(X_j - X_i)}{\sqrt{(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2}}$$

2. Turunan terhadap Y_1

$$y_i = \frac{\alpha d}{\alpha Y_i} = \frac{-(Y_j - Y_i)}{\sqrt{(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2}}$$

3. Turunan terhadap X_2

$$x_j = \frac{\alpha d}{\alpha X_j} = \frac{(X_j - X_i)}{\sqrt{(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2}}$$

4. Turunan terhadap Y_2

$$y_j = \frac{\alpha d}{\alpha Y_j} = \frac{(Y_j - Y_i)}{\sqrt{(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2}}$$

2.5 Iterasi

Iterasi adalah suatu proses atau metode yang digunakan secara berulang-ulang (pengulangan) dalam menyelesaikan masalah perhitungan matematik. Suatu iterasi dimulai setelah mendapatkan nilai matriks X (matriks parameter) dengan menggunakan nilai matriks pendekatan yang tertentu (X_0). Nilai matriks parameter yang baru akan digunakan sebagai nilai pendekatan pada hitungan perataan berulang (Uotila, 1988). Iterasi sangat diperlukan karena persamaan pengamatan yang digunakan merupakan persamaan yang nonlinier, dan dilinierisasi dengan deret *Taylor*, pada saat linierisasi hanya berhenti pada turunan pertama, sehingga diperlukan proses iterasi (pengulangan) untuk mendapatkan nilai estimasi yang terbaik (Uotila, 1988).

$$X = -(A_0^T P A_0)^{-1} A_0^T P F$$

2.6 Uji Global

Setiap pengukuran pasti mengandung kesalahan, sehingga untuk mengetahui bahwa hasil dari pengamatan dilapangan tidak mengandung kesalahan acak perlu dilakukan uji statistik terhadap semua data pengamatan. Uji statistik setelah perataan ada dua yaitu, uji

global dan uji statistik, yang menggunakan tingkat kepercayaan tertentu terhadap data pengamatan yang diperoleh Uji global dilakukan setelah hitung perataan kuadrat terkecil dengan membandingkan *varian aposteriori* ($\hat{\sigma}_o^2$) terhadap *varian apriori* (σ_o^2) dan digunakan untuk mengetahui adanya kesalahan acak yang mempengaruhi data pengamatan (Soeta'at, 1996)

Uji global dilakukan setelah dilakukan hitung perataan kuadrat terkecil dengan membandingkan varian aposteriori ($\hat{\sigma}_o^2$) terhadap varian apriori (σ_o^2) dan digunakan untuk mengetahui adanya kesalahan tak acak yang mempengaruhi data pengamatan (Soeta'at, 1996). Pada uji global ini bisa digunakan uji Fisher. Tahap pengujiannya adalah dengan menyusun hipotesis seperti persamaan berikut :

$$H_0 : \hat{\sigma}_o^2 = \sigma_o^2$$

$$H_a : \hat{\sigma}_o^2 \neq \sigma_o^2$$

Hipotesis nol merupakan perumusan sementara yang diuji kebenarannya, sedangkan H_a merupakan hipotesis tandingan dari hipotesis nol.

Hipotesis nol ditolak apabila memenuhi persamaan I:

$$\frac{\hat{\sigma}_o^2}{\sigma_o^2} > F_{1-\alpha, \infty, f}$$

Hipotesis nol diterima menyatakan bahwa hasil pengukuran tidak dipengaruhi kesalahan tak acak sehingga mengikuti sebaran normal *Gauss*. Olehkarena itu penolakan hipotesis nol merupakan indikasi adanya kemungkinan bahwa pengukuran dipengaruhi oleh kesalahan tak acak. Kesalahan tersebut harus dicari menggunakan uji data *snooping* (Widjajanti, 1997).

2.7 Uji Global

Proyeksi peta dapat diartikan, sebagai metode pemindahan sistem paralel dan meridian yang ditetapkan pada bidang spheroid (globe) yang lengkung, ke bidang datar (peta). Cara pemindahan ini dilakukan dengan sistematis dan matematis, sedangkan mengenai pemroyeksian nilai koordinat dikatakan bahwa proyeksi peta bermaksud memindahkan koordinat titik dari ellipsoida referensi ke koordinat bidang datar atau

bidang yang dapat didatarkan untuk tujuan pemetaan (Umaryono Purworaharjo, 2000). Adapun jenis-jenis bidang proyeksi adalah sebagai berikut:

1. Proyeksi bidang datar (Azimuthal/Zenithal): Proyeksi azimuthal (*zenithal*), adalah proyeksi yang menggunakan bidang datar sebagai bidang proyeksinya. Proyeksi ini menyinggung bola Bumi dan berpusat pada satu titik.
2. Proyeksi kerucut: Proyeksi kerucut yaitu pemindahan garis-garis meridian dan paralel dari suatu bidang *spheroid* (globe) yang lengkung ke sebuah kerucut.
3. Proyeksi silinder: Proyeksi silinder adalah suatu proyeksi permukaan bola Bumi yang bidang proyeksinya berbentuk silinder dan menyinggung bola Bumi.

2.8 Sistem Koordinat

Dalam bidang geodesi dan geodinamika, posisi suatu titik biasanya dinyatakan dengan koordinat (dua dimensi atau tiga dimensi) yang mengacu pada suatu sistem koordinat tertentu. Sistem koordinat itu sendiri didefinisikan dengan menspesifikasi tiga parameter berikut (Hasanuddin Zainal Abidin, 2001), yaitu:

1. Lokasi titik asal (titik nol) dari sistem koordinat
 - a. Geosentrik (di pusat Bumi)
 - b. Toposentrik (di permukaan Bumi)
 - c. Heliosentrik (di pusat Matahari)
2. Orientasi dari sumbu-sumbu koordinat
 - a. Terikat Bumi (*Earth-Fixed*)
 - b. Terikat Langit (*Space-Fixed*)
3. Besaran koordinat (kartesian, *curvilinear*) yang digunakan untuk mendefinisikan posisi suatu titik dalam sistem koordinat tersebut.
 - a. Jarak = Kartesian (X, Y, dan Z)
 - b. Sudut dan jarak = Geodetik (lintang, bujur, tinggi *ellipsoid*)

2.9 UTM (*Universal Transverse Mercator*)

Proyeksi UTM (*Universal Transverse Mercator*) adalah proyeksi yang memiliki *mercator* dengan sifat-sifat khusus. UTM

merupakan sistem proyeksi silinder, *konform*, *secant*, *transversal*. Sistem Proyeksi Koordinat UTM adalah rangkaian proyeksi *Transverse Mercator* untuk global dimana bumi dibagi menjadi 60 bagian zona. Setiap zona mencakup 6 derajat bujur (*longitude*) dan memiliki meridian tengah tersendiri. Sistem koordinat UTM menggunakan satuan unit meter. Setiap zona memiliki panjang x sebesar 500.000 meter dan panjang y sebesar 10.000.000 meter. Sistem UTM akan membagi bumi kedalam beberapa zona grid (kotak) dan posisinya akan selalu dapat diindikasikan melalui posisi timur (*easting*) dan utara (*northing*) pada setiap sel-sel grid. Adapun beberapa hal yang perlu diketahui mengenai UTM, adalah sebagai berikut (Virgianti Desvir, 2013):

2.10 Matriks Dasar

Dalam matematika, matriks adalah suatu kumpulan bilangan, simbol, atau ekspresi, berbentuk persegi atau persegi panjang yang disusun menurut baris dan kolom. Bilangan-bilangan yang terdapat disuatu matriks disebut dengan elemen atau anggota matriks. Pemanfaatan matriks misalnya dalam menemukan solusi sistem persamaan linear. Penerapan lainnya adalah dalam transformasi linear, yaitu bentuk umum dari fungsi linear, Matriks seperti halnya variabel biasa yang dapat dimanipulasi, seperti dikalikan, dibagi, dijumlah, dan dikurangi. Dengan representasi matriks, perhitungan dapat dilakukan dengan lebih terstruktur (Trinopi yanti, 2014).

2.10.1 Perhitungan Matriks

Pada matriks terdapat beberapa model penerapan cara perhitungan, antara lain penjumlahan, pengurangan, perkalian, pembagiandan begitu banyak penerapan perhitungan lainnya. Pada penjumlahan dan pengurangan, matriks hanya dapat dilakukan apabila kedua matriks memiliki ukuran atau tipe yang sama. Elemen-elemen yang dijumlahkan atau dikurangi adalah elemen yang posisi atau letaknya sama.

2.10.2 Jenis-Jenis Matriks

Matriks dibagi dalam beberapa jenis, yang dimaksudkan untuk menyatakan arti bentuk matriks tersebut memiliki suatu fungsi dan penyelesaian

tertentu. Berikut jenis-jenis matriks yang biasa dipergunakan:

1. Matriks nol adalah matriks yang semua elemennya bernilai nol.

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

2. Matriks bujur sangkar adalah matriks yang banyak barisnya sama dengan banyak kolomnya.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix}$$

3. Matriks identitas adalah matriks skalar yang elemen-elemen pada diagonal utamanya bernilai satu.

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

4. Matriks segitiga atas adalah matriks bujur sangkar yang elemen-elemen dibawah diagonal utamanya bernilai nol.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 4 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 5 & 6 \\ 0 & 0 & 9 \end{bmatrix}$$

5. Matriks segitiga bawah adalah Matriksbujur sangkar yang elemen-elemen diatas diagonal utamanya bernilai nol.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 3 & 4 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 4 & 5 & 0 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix}$$

6. Matriks diagonal adalah matriks bujur sangkar yang semua elemen diluar elemen diagonal utama bernilai nol.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 4 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 9 \end{bmatrix}$$

2.11 Dasar Matlab

Matlab (Matrix Laboratory) yaitu sebuah *software* digunakan untuk menganalisis dan mengkomputasi suatu data numerik. *Matlab* juga merupakan suatu bahasa pemrograman matematika lanjutan, yang dibentuk dengan menggunakan sifat dan bentuk matriks. *Matlab* merupakan bahasa pemrograman yang hadir dengan fungsi dan karakteristik yang berbeda dengan bahasa pemrograman lain yang sudah ada lebih dahulu seperti *Delphi*, *Basic*, dan *C++*. *Matlab* merupakan bahasa pemrograman *level* tinggi yang di khususkan untuk kebutuhan pekerjaan komputasi teknis, visualisasi dan pemrograman sains seperti komputasi hitungan matematik, analisis data, pengembangan algoritma, dan simulasi.

III PELAKSANAAN PEKERJAAN

3.1 Persiapan

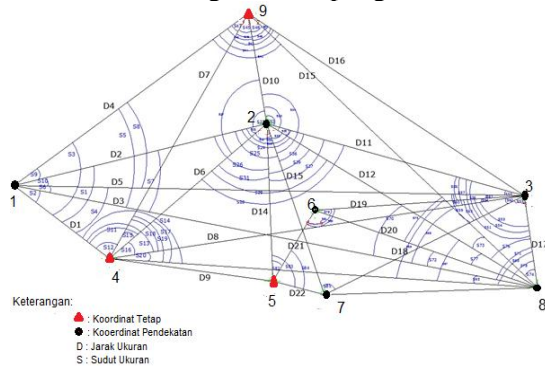
Tahapan persiapan terbagi menjadi tiga bagian yaitu persiapan data, persiapan *software* pendukung, dan persiapan studi metode perhitungan yang akan digunakan.

1. Persiapan data: data yang disiapkan dalam pelaksanaan kali ini yaitu data hasil akuisisi pengukuran dilapangan tepatnya data hasil pengukuran yang berupa jarak ukuran, varian jarak, sudut ukuran, varian sudut, dan koordinat tetap yang ada pada lokasi pengambilan data.
2. Persiapan *software*: *Software* yang digunakan yaitu *software Matlab R2009a* sebagai aplikasi fasilitator, *Microsoft office excel* dan *Software Micro Survey Starnet V7* sebagai perhitungan pembanding, disertai *software GIS* yang berfungsi sebagai penyajian akhir dalam menampilkan posisi titik-titik pantau bendungan.
3. Persiapan studi metode: Metode yang digunakan yaitu menggunakan cara perhitungan pengikatan kemuka untuk menentukan koordinat pendekatan dari titik-titik pantau yang belum diketahui koordinatnya. Metode parameter hitung kuadrat terkecil sebagai metode hitung perataan yang digunakan untuk meminimalisir kesalahan dalam data hasil pengukuran, dan metode statistik uji global guna mengecek keakuratan hasil data.

3.2. Dasar Perhitungan MS Office Excel

MS Office excel yang digunakan untuk perhitungan jaring triangulaterasi pada penelitian kali ini, merupakan suatu rangkaian proses perhitungan yang berisikan formula-formula perhitungan dalam penentuan nilai koordinat 2D (X dan Y), berdasarkan metode perataan parameter hitung kuadrat terkecil yang telah di anggap sesuai pada penelitian-penelitian sebelumnya. Perlu diketahui beberapa tahapan perhitungan dalam *MS Office excel* ini salah satunya adalah perhitungan penentuan koordinat pendekatan, koordinat pendekatan yaitu suatu tahapan pelaksanaan yang harus dilakukan untuk

mencapai tahapan perhitungan selanjutnya, Penentuan nilai koordinat pendekatan dimaksudkan untuk mencari tahu nilai koordinat 2D (X dan Y) dari titik-titik pantau bendungan yang belum diketahui. Terdapat enam titik pantau yang belum diketahui nilainya. Berikut posisi titik-titik pantau berdasarkan sketsa gambaran pengukuran :



Gambar 4 Sketsa titik-titik pantau

3.3 Pembuatan Program aplikasi

Program aplikasi yang akan dibuat merupakan aplikasi yang berupa bahasa pemrograman yang berguna untuk mempermudah dan mempercepat proses perhitungan. Adapun tahapan dalam pembuatan rangkaian pembuatan aplikasi tersebut adalah seperti berikut:

3.3.1 Pembuatan Lembar Baru M-File

Pada lembar baru ini, pembuat program aplikasi dapat menuliskan serangkaian bahasa pemrograman sesuai yang di inginkan, dapat berupa perintah, keterangan, maupun rumusan suatu perhitungan,

3.3.2 Program HKT

Dalam pembuatan aplikasi jaring triangulaterasi tentunya terdapat tahapan dalam perhitungan kuadrat terkecil metode parameter yang berupa bahasa pemrograman perhitungan perataan, seperti berikut:

1. Pembuatan file data



Gambar 5. Sketsa titik-titik pantau

2. Penentuan jarak dan sudut pendekatan

Gambar6. Skript jarak pendekatan

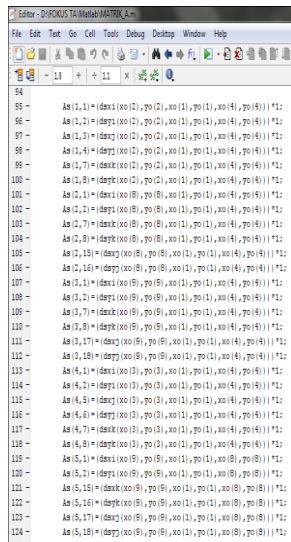
Gambar 7.. Skript sudut pendekatan

3. Linierisasi Matriks "A"

a.

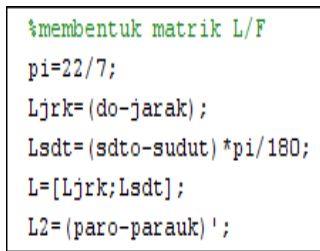
Gambar 8. Matriks A jarak

b. Linierisasi pada sudut



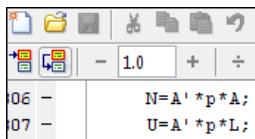
Gambar 9. Matriks A sudut

4. Penentuan Matriks “L”



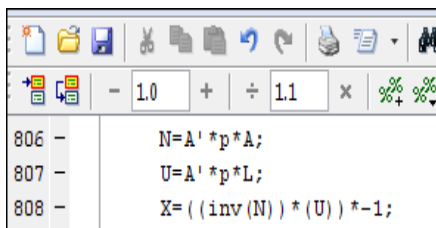
Gambar 10. Matriks “L”

5. Penentuan Matriks “N” dan “U”



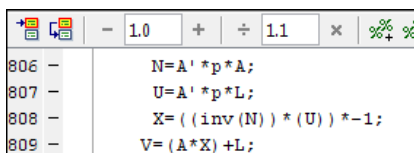
Gambar 11. Matriks “N” dan “U”

6. Penentuan Matriks “X”



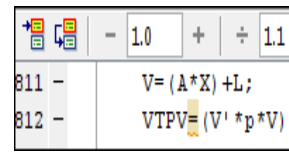
Gambar 12. Matriks “X”

7. Penentuan Matriks “V”



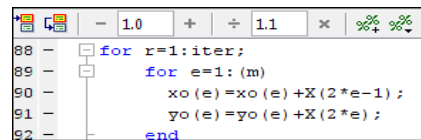
Gambar 13. Matriks “V”

8. Penentuan Nilai “ $V^T PV$ ”



Gambar 14. Matriks “ $V^T PV$ ”

9. Penentuan Nilai Koordinat

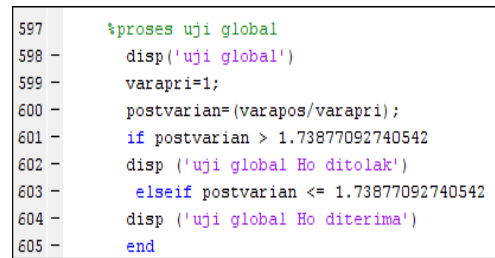


Gambar 15. Penentuan nilai koordinat

1.3.3 Program Uji Statistik

Dalam program uji statistik metoda statistik yang digunakan yaitu uji global. Uji global dilakukan setelah hitung perataan kuadrat terkecil telah dilakukan, pengujian ini dilakukan dengan membandingkan *varian aposteori* ($\hat{\sigma}_o^2$) terhadap *varian apriori* (σ_o^2),

Hipotesis nol merupakan perumusan sementara yang akan diuji kebenarannya. Sedangkan H_a merupakan hipotesis tandingan dari hipotesis nol. Pengujian ini digunakan untuk mengetahui adanya kesalahan acak yang mempengaruhi data pengamatan. Tingkat kepercayaan yang digunakan adalah 95% ($\alpha = 0,05$). Berikut bahasa pemrogramannya:

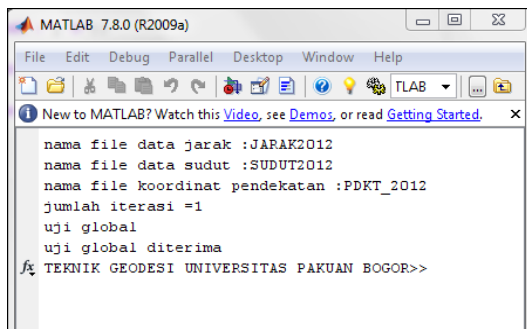


Gambar 16. Uji Global

3.2.4 Hasil Run Aplikasi

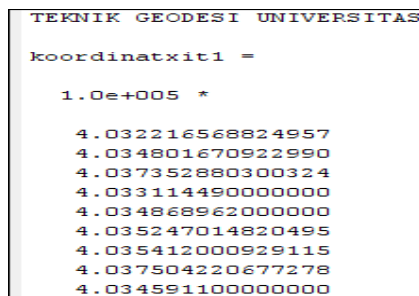
Pada Tahap akhir penyusunan bahasa pemrograman dipastikan sudah terselesaikan (Terlampir, Lampiran Bahasa Pemrograman), selanjutnya *clik-Run Aplikasi* untuk menjalankan program aplikasi yang telah dibuat, berikut tampilan program aplikasi yang telah dibuat, data yang dimasukkan yaitu data jarak ukuran, sudut ukuran dan koordint

pendekatan yang sebelumnya sudah tersimpan pada *data base file*:

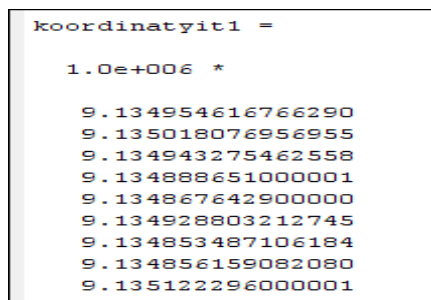


.Gambar 17. Run aplikasi

Selanjutnya masukkan perintah untuk menampilkan koordinat hasil perhitungan, pada kali ini perintah menampilkan koordinat yaitu “koordinatxit1 dan koordinatyit1” (untuk koordinat X dan Y)



Gambar 18. Hasil koordinat “X”



Gambar 19. Hasil koordinat “Y”

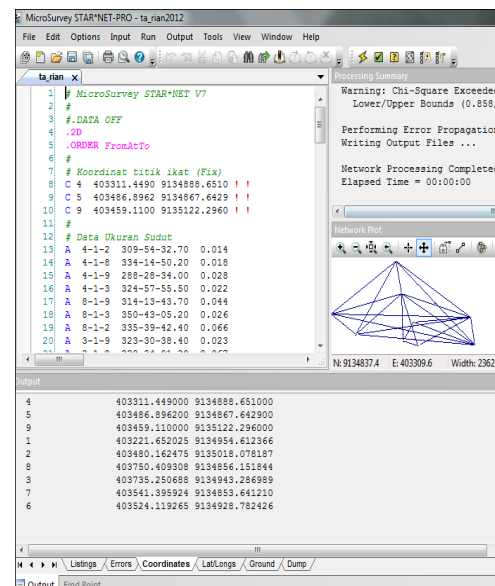
Dari serangkaian tahapan tersebut maka dapat dihasilkan nilai koordinat dari titik-titik pantau bendungan yang ingin diketahui.

3.4 Uji Program Aplikasi

Pada tahapan ini dilakukan perbandingan antara nilai hasil perhitungan program aplikasi perhitungan jaring triangulaterasi yang dibuat menggunakan fasilitas *software Matlab R2009a* dengan nilai hasil perhitungan menggunakan *MS. Office Excel*, maupun

Software Micro Survey Starnet V7 hal ini dilakukan guna menguji kesesuaian atau kelayakan nilai hasil perhitungan dari program aplikasi yang telah dibuat. Hasil perhitungan berupa koordinat 2D (X dan Y). Perlu diketahui selain melaksanakan pembuatan program aplikasi perhitungan jaring triangulaterasi menggunakan *software Matlab R2009a*, dilakukan juga perhitungan menggunakan *MS. Office Excel dan Micro Survey Starnet V7*.

1. Dari hasil perbandingan antara nilai hasil perhitungan program aplikasi terhadap hasil hitung *MS Office excel* tidak diketemukannya suatu perbedaan, Hasil hitung memiliki nilai koordinat yang sama, kemudian dari hasil uji signifikan parameter juga tidak terdapat perbedaan nilai yang signifikan.
2. Dari hasil perbandingan antara nilai hasil perhitungan program aplikasi terhadap hasil hitung *software Starnet V7* diketemukannya suatu perbedaan namun tidak besar, Hasil hitung memiliki nilai koordinat yang tidak sama, tiga desimal dibelakang koma, kemudian dari hasil uji signifikan parameter tidak terdapat perbedaan nilai yang signifikan juga.



Gambar 20. Proses

Tabel 1 Selisih Koordinat Starnet V7

Selisih Koordinat 2012				
NO	TITIK X	X	TITIK Y	Y
1	X1	0.005	Y1	0.005
2	X2	0.005	Y2	0.001
3	X3	0.036	Y3	0.014
4	X4	0.000	Y4	0.000
5	X5	0.000	Y5	0.000
6	X6	0.058	Y6	0.028
7	X7	0.197	Y7	0.155
8	X8	0.011	Y8	0.006
9	X9	0.000	Y9	0.000
Selisih Koordinat 2013				
NO	TITIK X	X	TITIK Y	Y
1	X1	0.049	Y1	0.079
2	X2	0.034	Y2	0.003
3	X3	0.151	Y3	0.067
4	X4	0.000	Y4	0.000
5	X5	0.000	Y5	0.000
6	X6	0.003	Y6	0.015
7	X7	0.043	Y7	0.028
8	X8	0.164	Y8	0.053
9	X9	0.000	Y9	0.000

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Pembahasan

Hasil koordinat dari program aplikasi yang dibuat kemudian akan dibandingkan dengan perhitungan menggunakan *Ms.Office Excel* dan *Software Micro Survey Starnet V7*, dengan maksud adanya pengujian kelayakan atau kesesuaian nilai dari program aplikasi yang dibuat. Program aplikasi ini selain memiliki tujuan untuk mendapatkan nilai koordinat 2D yang mendekati nilai sebenarnya, aplikasi dapat digunakan untuk mendapatkan dan membandingkan perubahan dari nilai koordinat titik-titik pantau bendungan sermo dalam dua periode, yaitu periode 2012 sampai dengan 2013. Berikut penjabaran dari hasil penelitian:

Tabel 2 Hasil banding *Ms.Office Excel* dan program aplikasi 2012

Selisih Koordinat 2012				
NO	TITIK X	X	TITIK Y	Y
1	X1	0.000	Y1	0.000
2	X2	0.000	Y2	0.000
3	X3	0.000	Y3	0.000
4	X4	0.000	Y4	0.000
5	X5	0.000	Y5	0.000
6	X6	0.000	Y6	0.000
7	X7	0.000	Y7	0.000
8	X8	0.000	Y8	0.000
9	X9	0.000	Y9	0.000

Tabel 3. Hasil banding *Ms.Office Excel* dan program aplikasi 2013

Selisih Koordinat 2013				
NO	TITIK X	X	TITIK Y	Y
1	X1	0.000	Y1	0.000
2	X2	0.000	Y2	0.000
3	X3	0.000	Y3	0.000
4	X4	0.000	Y4	0.000
5	X5	0.000	Y5	0.000
6	X6	0.000	Y6	0.000
7	X7	0.000	Y7	0.000
8	X8	0.000	Y8	0.000
9	X9	0.000	Y9	0.000

Tabel 4. Hasil banding program aplikasi dan *Starnet V7 2012*

Selisih Koordinat 2012				
NO	TITIK X	X	TITIK Y	Y
1	X1	0.005	Y1	0.005
2	X2	0.005	Y2	0.001
3	X3	0.036	Y3	0.014
4	X4	0.000	Y4	0.000
5	X5	0.000	Y5	0.000
6	X6	0.58	Y6	0.028
7	X7	0.197	Y7	0.155
8	X8	0.011	Y8	0.006
9	X9	0.000	Y9	0.000

Tabel 5. Hasil banding program aplikasi dan *Starnet v7 2013*

Selisih Koordinat 2013				
NO	TITIK X	X	TITIK Y	Y
1	X1	0.049	Y1	0.079
2	X2	0.034	Y2	0.003
3	X3	0.151	Y3	0.067
4	X4	0.000	Y4	0.000
5	X5	0.000	Y5	0.000
6	X6	0.003	Y6	0.015
7	X7	0.043	Y7	0.028
8	X8	0.164	Y8	0.053
9	X9	0.000	Y9	0.000

Tabel 6. Selisih koordinat program aplikasi periode 2012-2013

Selisih Koordinat 2012-2013				
NO	TITIK X	X	TITIK Y	Y
1	X1	0.054	Y1	0.080
2	X2	0.039	Y2	0.014
3	X3	0.117	Y3	0.041
4	X4	0.000	Y4	0.000
5	X5	0.000	Y5	0.000
6	X6	0.042	Y6	0.117
7	X7	0.006	Y7	0.009
8	X8	0.142	Y8	0.063
9	X9	0.000	Y9	0.000

Tabel 7. Selisih koordinat *Starnet V7* periode 2012-2013

Selisih Koordinat 2012-2013				
NO	TITIK	X	TITIK	Y
1	X1	0.000	Y1	0.004
2	X2	0.010	Y2	0.016
3	X3	0.002	Y3	0.012
4	X4	0.000	Y4	0.000
5	X5	0.000	Y5	0.000
6	X6	0.625	Y6	0.074
7	X7	0.246	Y7	0.136
8	X8	0.011	Y8	0.004
9	X9	0.000	Y9	0.000

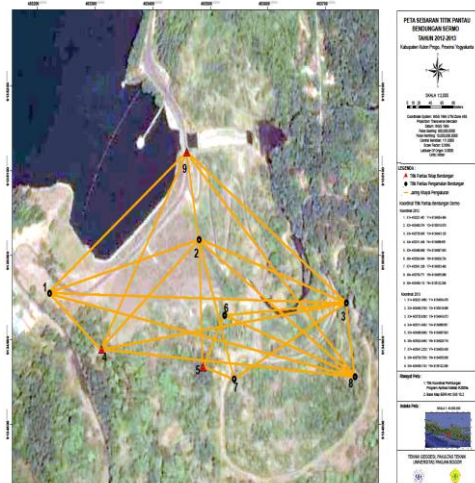
Pembahasan dan perbandingan hasil koordinat 2D (X dan Y). Menggunakan Program Aplikasi Matlab R2009a terhadap *Ms.Office Excel* dan *Software Micro Survey* Antara hasil koordinat Program Aplikasi *Matlab R2009a* terhadap *Ms.Office Excel*, tidak ditemukannya suatu perbedaan.

1. Antara hasil koordinat Program Aplikasi *Matlab R2009a* terhadap *Software Micro Survey Starnet V*, ditemukannya suatu perbedaan namun tidak signifikan.
2. Perbandingan nilai koordinat terkecil dan terbesar antara Program Aplikasi *Matlab R2009a* terhadap *Software Micro Survey Starnet V7*, pada data 2012 yaitu, nilai terkecil terdapat pada titik pantau dua dengan nilai selisih perbandingan $X= 0.003$ dan $Y= 0.015$, sedangkan nilai terbesar yaitu pada titik pantau tujuh dengan nilai selisih perbandingan $X= 0.197$ dan $Y= 0.155$
3. Perbandingan nilai koordinat terkecil dan terbesar antara Program Aplikasi *Matlab R2009a* terhadap *Software Micro Survey Starnet V7*, pada data 2013 yaitu, nilai terkecil terdapat pada titik pantau enam dengan nilai selisih perbandingan $X= 0.005$ dan $Y= 0.001$, sedangkan nilai terbesar yaitu pada titik pantau tujuh dengan nilai selisih perbandingan $X= 0.164$ dan $Y= 0.053$
4. Dengan melakukan perhitungan menggunakan Program Aplikasi *Matlab R2009a* maka dapatdiketahui perubahan nilai koordinat terkecil yang terjadi antara periode data 2012-2013 yaitu terjadi pada titik pantau tujuh dengan selisih nilai perubahan koordinat $X= 0.006$ dan $Y= 0.009$

5. Dengan melakukan perhitungan menggunakan Program Aplikasi *Matlab R2009a* maka dapatdiketahui perubahan nilai koordinat terbesar yang terjadi antara periode data 2012-2013 yaitu terjadi pada titik pantau delapan dengan selisih nilai perubahan koordinat $X= 0.142$ dan $Y= 0.063$
6. Dengan melakukan perhitungan menggunakan *Software Micro Survey Starnet V7* maka dapatdiketahui perubahan nilai koordinat terkecil yang terjadi antara periode data 2012-2013 yaitu terjadi pada titik pantau satu dengan selisih nilai perubahan koordinat $X= 0.000$ dan $Y= 0.004$
7. Dengan melakukan perhitungan menggunakan *Software Micro Survey Starnet V7* maka dapatdiketahui perubahan nilai koordinat terbesar yang terjadi antara periode data 2012-2013 yaitu terjadi pada titik pantau tujuh dengan selisih nilai perubahan koordinat $X= 0.246$ dan $Y= 0.136$

Hasil Peta Periode 2012-2013

Peta titik pantau bendungan Sermo hasil perhitungan dengan menggunakan program aplikasi perhitungan jaring triangulaterasi terhadap data akuisisi periode 2012 dan 2013, Pembuatan peta dengan dua data di gabungkan dalam satu *layout* peta, dengan sekala 1: 2000 Pada ukuran kertas A3.



Gambar 23. Peta 2012-2013

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pelaksanaan pembuatan program aplikasi jaring triangulaterasi dan analisis perbandingan yang dilakukan, maka dapat disimpulkan hasil penelitian sebagai berikut:

1. Adanya perbedaan hasil perbandingan nilai koordinat antara program aplikasi yang dibuat menggunakan fasilitas *Software Matlab R2009a* terhadap *Software Micro Survey Starnet V7*, pada periode data 2012-2013 yaitu, dengan nilai terkecil terdapat pada titik pantau enam periode data 2013 dengan nilai selisih perbandingan $X= 0.005$ dan $Y= 0.001$, sedangkan nilai terbesar yaitu pada titik pantau tujuh periode data 2012 dengan nilai selisih perbandingan $X= 0.197$ dan $Y= 0.155$
2. Pembuatan program aplikasi perhitungan jaring triangulaterasi untuk perhitungan titik pantau bendungan menggunakan fasilitas *Software Matlab R2009a*, telah memenuhi kesesuaian berdasarkan uji signifikansi yang telah dilakukan, sehingga telah diterima dan sudah dapat dipergunakan.
3. Pemanfaatan lebih dari program aplikasi yang telah dibuat yaitu, dapat dipergunakan untuk mengidentifikasi nilai perubahan koordinat titik pantau bendungan selama satu tahun, antara tahun 2012 dan 2013, yang menunjukkan selisih perubahan nilai kordinat terkecil sebesar $X= 0.006$ dan $Y= 0.009$ pada titik pantau bendungan tujuh, dan perubahan nilai kordinat terbesar sebesar $X= 0.142$ dan $Y= 0.063$ pada titik pantau bendungan delapan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil kegiatan dalam pembuatan aplikasi jaring triangulaterasi yang telah dilaksanakan, perlu adanya perbaikan-perbaikan yang harus dilakukan untuk

penelitian selanjutnya yang serupa, adapun beberapa hal yang dapat dijadikan saran adalah sebagai berikut:

1. Saat akuisisi data dilapangan, perlu menggunakan alat pengukuran dengan ketelitian yang lebih baik agar hasil pengukuran yang didapat memiliki ketelitian yang cukup tinggi juga.
2. Perlu dilakukan penambahan pengukuran lebih pada ukuran sudut horizontal dan jarak datar, agar saat perhitungan dalam menentukan koordinat pendekatan dapat lebih membantu.
3. Pengukuran harus dilakukan pada kondisi metereologi yang relative sama antara tahun 2012 dan 2013, begitu juga dengan juru ukur yang sama, karena hasil pengamatan sangat dipengaruhi oleh kondisi metereologi dan fisikologi saat pengukuran.
4. Periode pengambilan data ukuran seharusnya dilakukan setiap tahunnya.
5. Pembuat program aplikasi seharusnya turut serta secara langsung dalam proses pengambilan data, tidak hanya menggunakan hasil data akuisisi saja.
6. Seharusnya data tidak hanya berupa koordinat 2D (X dan Y) saja, namun 3D (X, Y, dan Z) guna memiliki manfaat lebih untuk menganalisa perubahan titik pantau bendungan sermo tiap tahunnya.
7. Diharapkan penelitian ini dapat terus dikembangkan agar nilai yang dihasilkan setara dengan software internasional.

PUSTAKA

- Abidin Z., 2001, *Geodesi Satelit*, Penerbitan PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Abidin Z., 2007, *Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya*, Penerbitan PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Anonim, 2002, *Standarnasional IndonesiaJaringKontrol Horizontal*, BadanStandarisasiNasional.Diakses 4 Desember 2012.
- Apriyanti., 2005,*Analisis pergeseran Horizontal Waduk Sermo tahun 2012-2013 menggunakan jaring bebas*,

- Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Azizah Putri., 2014, *Kerangka horizontal optimasi jaring, Geodesi*, Institut Sepuluh November, Surabaya.
- Caspary W.F., 1987, *Concepts of Network and Deformation Analysis*, 1st. ed., School of Surveying, The University of New South Wales, Monograph 11, Kensington, N.S.W.
- Faradilla., 2014, *Kartesian kuadran*, Geodesy, Institut Sepuluh November, Surabaya.
- Firmansyah.Ahmad, 2007. *Matlab Dasar*, Universitas Guna Darma, Depok
- HarjadiB,DjaingsastroNdanTriwilaida, 2010, *PenelitianPendahuluandalamRangkaM elihatKondisiPotensiLahan di Sub Das Ngrancah*, Das SerangBagiPengembanganPengelolaan Das di DTW Sermo, KabupatenKulonprogo.
- Khotibul.,2014, *Pengukuran Kerangka Dasar Horizontal*, Geoteknik Ilmu Ukur Tanah Konsentrasi. Semarang.
- Mikhail. M. and G. Gracie., 1981, *Analysis and Adjustement of Survey Measurements*, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Purworahardjo., 2000, *Hitung dan Proyeksi Geodesi*, Jurusan Teknik Geodesi FTSP- Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Santoso Budi., 2011, *Contoh Perhitungan Deret Taylor*, Materi Kuliah Kalkulus matematika, Yogyakarta.
- Stiaji., 2013, *SOF Jaring Kontrol Geodesi*, Teknik Geomatika Fakultas Teknik Sipil Institut Sepuluh November, Surabaya.
- SNI., 2002, SNI 19-6724-2002. Standar Nasional Indonesia, Jaring Kontrol Horizontal. Badan Standarisasi Nasional ICS 13.180.30.
- Soeta'at., 1996, *Kajian Statistika Lanjutan, Skripsi*, Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Syaifullah., 2007, *Metode Poilign dan Permasalahannya*, Majalah Ilmiah Pertanahan Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional Nomer 22. Yogyakarta.
- Widjajanti N., 1997, *Analisis Deformasi – Status Geometrik Dua Dimensi dengan Pendekatan Generalisasi Matrik Kebalikan*. Tesis Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Widjajanti, N., dan Heliani, S., 2005, *Perataan Jaring Geodesi*, Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Wolf PR. And Ghilani C.D., 1997, *Adjustment Computations Statistics and Least Squares in Surveying and GIS*, Jhon Wiley & Son Inc., New York.
- Yulaikhah, N., 2013, *Deformasi Dasar*, Diktat, Jurusan Teknik Geodesi. Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.

RIWAYAT PENULIS

1. **Rian Stadyanto, S.T.** (Alumni Tahun 2017) Program Studi Teknik Geodesi – Fakultas Teknik - Universitas Pakuan Bogor.
2. **Ir. Bebas Purnawan, M.Sc.** Staf Dosen Program Studi Teknik Geodesi - Fakultas Teknik-Universitas Pakuan Bogor.
3. **Dessy Apriyanti, S.T., M.Eng.** Staf Dosen Program Studi Teknik Geodesi - Fakultas Teknik-Universitas Pakuan Bogor.