

PENGAMATAN GPS UNTUK MONITORING DEFORMASI BENDUNGAN JATIBARANG MENGGUNAKAN SOFTWARE GAMIT 10.5

Ali Amirrudin Ahmad, Bambang Darmo Yuwono, M. Awaluddin^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang, 50239. Telp. (024)76480785, Fax. (024)76480788
e-mail : geodesi@undip.ac.id

Abstrak

Penelitian ini adalah tentang pengamatan GPS untuk monitoring deformasi bendungan Jatibarang menggunakan software GAMIT 10.5. Batasan masalah dari penelitian ini adalah bendungan Jatibarang yang berlokasi di kecamatan Gunung Pati, Kota Semarang, Jawa Tengah. Metode penelitian yang digunakan adalah menggunakan GPS *dual frequency* pada enam titik pantau yang terletak di bendung utama. Pengolahan data pengamatan menggunakan *Scientific Software GAMIT 10.5*. Penelitian dilakukan selama tiga periode: Maret, April dan Mei 2014. Tujuan dari penelitian antara lain mengetahui kondisi deformasi yang terjadi di Bendungan Jatibarang, mengetahui cara monitoring deformasi bendungan secara teliti menggunakan alat ukur GPS *dual frequency* dan mengetahui ketelitian pengolahan data GPS yang menggunakan *Scientific Software GAMIT 10.5* pada monitoring deformasi. Tinjauan pustaka yang digunakan dalam penelitian ini antara lain bendungan, deformasi, GPS, metode monitoring deformasi bendungan, prinsip monitoring deformasi bendungan dengan GPS, TEQC (*Translation, Editing and Quality Check*) dan GAMIT/GLOBK. Pelaksanaan yang dilakukan meliputi pengumpulan data dengan pengamatan survei GPS dan pengolahan data dengan metode *post-processing*. Setelah melalui pengolahan GAMIT dan GLOBK maka didapatkan nilai perubahan koordinat dengan rata-rata nilai perubahan koordinat pada sumbu X = 0,879 mm, sumbu Y = 0,614 mm dan sumbu Z = 1,114 mm Sehingga kesimpulan akhir dari penelitian ini adalah bendungan Jatibarang mengalami perubahan koordinat secara numeris. Namun saat diuji statistik dengan selang kepercayaan 95%, dinyatakan bahwa keenam titik monitoring bendungan tidak mengalami pergeseran koordinat secara signifikan. Jadi bendungan Jatibarang tidak mengalami deformasi.

Kata kunci: *bendungan, deformasi, GPS, GAMIT*

Abstract

This research is about a monitoring GPS to monitor the deformation in Jatibarang dam located at Gunung Pati, Semarang, Central Java using GAMIT 10.5 software. The research method is using GPS dual frequency at six points of monitoring which located at the main dam. The technique of analyzing data in this research is using Scientific Software GAMIT 10.5. This research takes in three times period starts from March, May, and finish in April 2014. The research has some purposes and the first purpose is to know the deformation situation that occurred in Jatibarang dam, the second is to find out how to monitor the deformation in Jatibarang dam carefully by using GPS dual frequency, and the third purpose

^{*)}Penulis Penanggungjawab

is to know a precision in analyzing data with using Scientific Software GAMIT 10.5 on deformation monitoring. The researcher takes the overview of the libraries in his research such as Dam, Deformation, GPS, The method of monitoring dam deformation, the principles of monitoring dam deformation by using GPS, TEQC (Translation, Editing and Quality Check) and GAMIT/GLOBK. The implementation of this research includes collecting of data by using monitoring to survey GPS and analyzing data with using post-processing method. After analyzing GAMIT and GLOBK then it gets an displacement coordinate value with averages displacement coordinate value on X axis = 0,879 mm, Y axis = 0, 614 mm and Z axis = 1, 114 mm , hence the final conclusion of this research is Jatibarang dam experienced displacement coordinate value in numerical. The resulted test statistically with reliance up to 95% that six monitoring points of the dam are not have displacement point significantly. The conclusion of this research is Jatibarang dam is not deformed.

Keywords: dam, deformation, GPS, GAMIT

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Bendungan merupakan salah satu sarana multifungsi yang memiliki peranan penting bagi kehidupan manusia. Bendungan memiliki beberapa manfaat penting antara lain irigasi, penyediaan air baku, sebagai PLTA, pengendali banjir, perikanan, pariwisata dan olahraga air. Pemantauan secara berkala, dengan metode observasi berulang serta pencatatan mengenai perilaku bendungan dapat dilakukan dengan bantuan instrumentasi atau peralatan lain. Data hasil pemantauan tersebut dapat menggambarkan perilaku suatu bendungan, sehingga gejala-gejala yang akan terjadi dapat diketahui secara dini.

Bendungan merupakan bangunan air yang mempunyai potensi yang tinggi, tetapi juga mempunyai resiko yang tinggi pula. Letak dari bendungan ini berada di Semarang yang dekat dengan Kota Semarang, maka untuk menjaganya perlu adanya perilaku yang harus dilakukan karena apabila mengarah dalam bahaya dapat langsung dilakukan tindakan yang preventif atau dapat langsung dilakukan tindakan untuk mengurangi bahaya dari bendungan tersebut.

Oleh karena itu diperlukan survei pengamatan GPS menggunakan GPS dual-frekuensi dengan ketelitian cukup tinggi dengan strategi pengamatan yang baik agar dapat dilakukan penanganan sebelum terjadi bahaya ataupun sebagai tindakan perawatan bendungan.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

- 1). Bagaimana cara monitoring deformasi di Bendungan Jatibarang secara teliti?
- 2). Bagaimana kondisi deformasi yang dialami Bendungan Jatibarang?
- 3). Bagaimana ketelitian pengolahan data GPS yang menggunakan *Scientific Software GAMIT 10.5* untuk monitoring deformasi di Bendungan Jatibarang?

Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut :

- 1). Daerah penelitian Tugas Akhir adalah bendungan Jatibarang di Kota Semarang, Jawa Tengah (Kec. Gunung Pati dan Kec. Mijen), (Kel. Kandri, Kel. Jatibarang, Kel. Jatirejo, Kel. Kedungpare), yang terletak pada koordinat $7^{\circ}02'09.7''$ LS dan $110^{\circ}21'02.6''$ BT.

- 2). Pengumpulan data enam titik kontrol Bendungan Jatibarang dengan melakukan pengukuran GPS *dual frequency* secara statik.
- 3). Pengolahan data pengamatan GPS menggunakan *Scientific Software GAMIT 10.5* sehingga dihasilkan koordinat titik pengamatan.
- 4). Penelitian berfokus pada deformasi pada bendung utama (*main dam*) Bendungan Jatibarang yang terjadi pada bulan Maret-Mei 2014.

Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah :

- 1). Mengetahui cara monitoring deformasi di Bendungan Jatibarang secara teliti menggunakan alat ukur GPS *dual frequency*.
- 2). Mengetahui kondisi deformasi yang terjadi di Bendungan Jatibarang.
- 3). Mengetahui ketelitian pengolahan data GPS yang menggunakan *Scientific Software GAMIT 10.5* pada monitoring deformasi.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui dinamika deformasi yang terjadi pada bendung utama (*main dam*) Bendungan Jatibarang.

PELAKSANAAN PENELITIAN

Data Penelitian

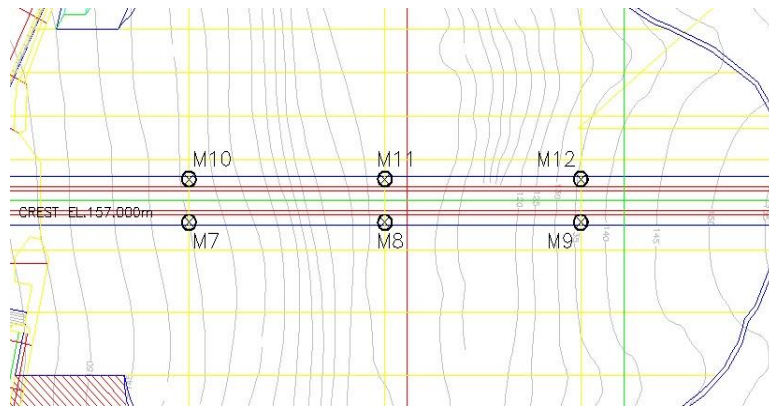
Data pengamatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah data pengamatan GPS yang dilakukan di Bendungan Jatibarang pada tahun 2014 bulan Maret, April dan Mei.

Tabel 1. Tabel waktu pelaksanaan pengamatan GPS

| Periode | Tanggal | DOY | Titik Pengamatan | Durasi Pengamatan | Alat |
|---------|---------------|-----|------------------|-------------------|-------------------|
| Maret | 19 Maret 2014 | 078 | M09; M11; M12 | 4 jam | Hiper Gb |
| | 20 Maret 2014 | 079 | M07; M08; M10 | 4 jam | Hiper Gb |
| April | 12 April 2014 | 102 | M09; M12 | 5 jam | ProMark 800 & 500 |
| | 13 April 2014 | 103 | M08; M11 | 5 jam | ProMark 800 & 500 |
| | 14 April 2014 | 104 | M07; M10 | 5 jam | ProMark 800 & 500 |
| Mei | 06 Mei 2014 | 126 | M09; M11; M12 | 5 jam | ProMark 800 & 500 |
| | 07 Mei 2014 | 127 | M07; M08; M10 | 5 jam | ProMark 800 & 500 |

Data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- 1) Data observasi di enam titik pantau dalam tiga periode, yaitu periode Maret (DOY 78, 79), periode April (DOY 102, 103, 104) dan periode Mei (DOY 126, 127),
- 2) Data stasiun titik ikat BAKO (Badan Informasi Geospasial, Bogor),
- 3) Data pendukung pengolahan data antara lain;
 - a. File IGS *ephemeris final orbit* (*.sp3)
 - b. File *global broadcast ephemeris* berformat autoDDD0.YYn (DDD: DOY, YY: tahun)
 - c. *H-file* global



Gambar 1. Enam titik pantau pada tubuh Bendungan Jatibarang

Peralatan Penelitian

Perangkat keras yang digunakan adalah :

- Laptop dengan spesifikasi *Processor AMD Turion™ X2 Dual-Core Mobile RM-75 2.20 GHz, RAM 3,00 GB,*
- Alat tulis,
- GPS Topcon Hiper GB pada periode Maret,
- GPS Asctech ProMark 500 dan 800 pada periode April dan Mei.

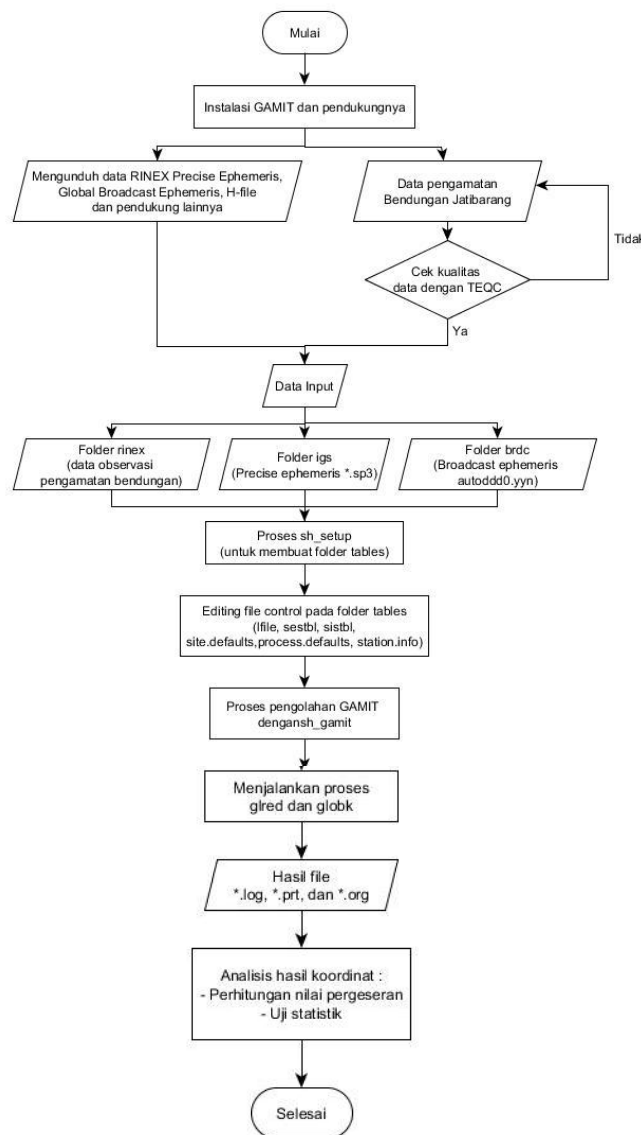
Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Sistem Operasi *Ubuntu 12.04 LTS.*
- Perangkat lunak *GAMIT* versi 10.5.
- TEQC untuk cek kualitas data observasi GPS dan menggabungkan data observasi.
- Microsoft Office 2013.

Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian pada penulisan Tugas Akhir ini adalah :

- Studi literatur mengenai semua informasi yang terkait dengan penyusunan penelitian tugas akhir.
- Pengadaan data dengan melakukan pengukuran deformasi menggunakan GPS *dual frequency.*
- Melakukan proses pengolahan data menggunakan *Scientific Software GAMIT 10.5.*
- Hasil monitoring deformasi yang didapatkan dari nilai pergeseran posisi titik pengamatan GPS.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengecekan Data Dengan TEQC

Sebelum melakukan pengolahan data dengan menggunakan *software* GAMIT, terlebih dahulu dilakukan pengecekan kualitas data pengamatan dalam format RINEX dengan menggunakan perangkat lunak TEQC. Untuk menjalankan TEQC perlu membuka *command prompt* terlebih dahulu pada sistem operasi windows, file observasi yang akan dilakukan pengecekan diletakkan dalam satu direktori dengan *software* **teqc.exe**. Sebelum menjalankan perintah *teqc*, *command prompt* harus masuk ke direktori *teqc*.

Tabel 2. Hasil uji kualitas data

| Titik | Periode Maret 2014 | | Periode April 2014 | | Periode Mei 2014 | |
|-----------|--------------------|----------|--------------------|----------|------------------|----------|
| | MP 1 (m) | MP 1 (m) | MP 1 (m) | MP 2 (m) | MP 2 (m) | MP 2 (m) |
| M07 | 0,238588 | 0,215484 | 0,012569 | 0,022067 | 0,017883 | 0,037333 |
| M08 | 0,220607 | 0,203314 | 0,018584 | 0,036456 | 0,020798 | 0,033439 |
| M09 | 0,271701 | 0,281336 | 0,020718 | 0,032399 | 0,017416 | 0,031425 |
| M10 | 0,252341 | 0,223254 | 0,020509 | 0,042358 | 0,012569 | 0,022067 |
| M11 | 0,210586 | 0,202971 | 0,016776 | 0,032051 | 0,014851 | 0,025256 |
| M12 | 0,252867 | 0,241731 | 0,013221 | 0,028216 | 0,352054 | 0,364391 |
| Rata-rata | 0,241115 | 0,228015 | 0,017063 | 0,032258 | 0,018539 | 0,029729 |

Multipath adalah fenomena dimana sinyal satelit dari GPS tiba di antenna melalui dua atau lebih lintasan yang berbeda (*Sunantyo dalam Hidayat Panuntun, 2012*). Efek *multipath* diklasifikasikan baik apabila MP1 maupun MP2 memiliki nilai kurang dari 0,5 m (*Muliawan, 2012*).

Dari hasil pengecekan kualitas data pada semua periode pengukuran menunjukkan bahwa data pengamatan GPS dapat digunakan untuk pengolahan selanjutnya.

Hasil Pengolahan GAMIT dan GLOBK

Pada pengolahan GAMIT akan menghasilkan beberapa file baru dari hasil pengolahan data. Data yang digunakan untuk mengetahui informasi penting dan proses pengolahan selanjutnya adalah berupa file *h-files*, *q-files* dan *sh_gamit.summary*.

Proses pengolahan terakhir dalam penelitian ini adalah proses pengolahan GLOBK. Hasil dari pengolahan GLOBK tersebut adalah nilai koordinat beserta simpangan bakunya. Nilai koordinat yang diperoleh berupa koordinat kartesian 3D (X, Y, Z). Dari hasil koordinat setiap periode pengukuran selama 3 periode, maka akan didapatkan nilai deformasi yang terjadi pada masing-masing titik tersebut.

Tabel 3. Koordinat Kartesian Titik Bendungan Periode Maret 2014

| Nama Titik | Koordinat (m) | | | Simpangan Baku (mm) | | |
|------------|------------------|-----------------|----------------|---------------------|------|------|
| | X | Y | Z | X | Y | Z |
| M07 | -2.201.526,28098 | 5.935.476,17079 | -776.094,84020 | 3,10 | 2,98 | 1,48 |
| M08 | -2.201.563,73063 | 5.935.459,72011 | -776.112,36212 | 3,02 | 5,08 | 1,11 |
| M09 | -2.201.602,19245 | 5.935.443,44758 | -776.130,50899 | 2,85 | 2,87 | 2,76 |
| M10 | -2.201.529,99580 | 5.935.475,44018 | -776.086,50213 | 2,67 | 2,58 | 1,27 |
| M11 | -2.201.568,25379 | 5.935.459,87492 | -776.104,50335 | 3,08 | 4,99 | 1,24 |
| M12 | -2.201.605,87126 | 5.935.443,15752 | -776.122,33580 | 3,00 | 1,98 | 2,82 |

Tabel 4. Koordinat Kartesian Titik Bendungan Periode April 2014

| Nama Titik | Koordinat (m) | | | Simpangan Baku (mm) | | |
|------------|------------------|-----------------|----------------|---------------------|------|------|
| | X | Y | Z | X | Y | Z |
| M07 | -2.201.526,28007 | 5.935.476,16698 | -776.094,83889 | 2,44 | 3,10 | 2,19 |
| M08 | -2.201.563,72982 | 5.935.459,71630 | -776.112,36087 | 1,98 | 2,61 | 2,83 |
| M09 | -2.201.602,19212 | 5.935.443,44588 | -776.130,50779 | 2,34 | 3,33 | 0,83 |
| M10 | -2.201.529,99512 | 5.935.475,43581 | -776.086,50067 | 1,96 | 2,54 | 2,82 |
| M11 | -2.201.568,25302 | 5.935.459,87151 | -776.104,50212 | 1,92 | 2,54 | 2,80 |
| M12 | -2.201.605,87085 | 5.935.443,15437 | -776.122,33440 | 2,31 | 3,26 | 0,81 |

Tabel 5. Koordinat Kartesian Titik Bendungan Periode Mei 2014

| Nama Titik | Koordinat (m) | | | Simpangan Baku (mm) | | |
|------------|------------------|-----------------|----------------|---------------------|------|------|
| | X | Y | Z | X | Y | Z |
| M07 | -2.201.526,28023 | 5.935.476,16715 | -776.094,83885 | 2,77 | 3,94 | 1,05 |
| M08 | -2.201.563,72978 | 5.935.459,71590 | -776.112,36077 | 1,98 | 1,61 | 0,84 |
| M09 | -2.201.602,19197 | 5.935.443,44557 | -776.130,50728 | 1,61 | 3,20 | 0,84 |
| M10 | -2.201.529,99511 | 5.935.475,43565 | -776.086,50058 | 2,79 | 3,65 | 0,97 |
| M11 | -2.201.568,25317 | 5.935.459,87141 | -776.104,50191 | 1,48 | 1,11 | 1,24 |
| M12 | -2.201.605,87065 | 5.935.443,15371 | -776.122,33399 | 0,84 | 1,24 | 3,20 |

Tabel 6. Koordinat Geodetis Titik Bendungan Periode Maret 2014

| Nama Titik | Koordinat | | |
|------------|---------------------|-----------------------|------------|
| | Lintang | Bujur | Tinggi (m) |
| M07 | 7° 2' 9,1622018" S | 110° 21' 1,1191541" E | 183,921548 |
| M08 | 7° 2' 9,7378413" S | 110° 21' 2,4495835" E | 183,685617 |
| M09 | 7° 2' 10,3316001" S | 110° 21' 3,8089155" E | 184,041675 |
| M10 | 7° 2' 8,8904097" S | 110° 21' 1,2409146" E | 183,502502 |
| M11 | 7° 2' 9,4771026" S | 110° 21' 2,5860048" E | 184,428179 |
| M12 | 7° 2' 10,063537" S | 110° 21' 3,9245839" E | 184,040337 |

Tabel 7. Koordinat Geodetis Titik Bendungan Periode April 2014

| Nama Titik | Koordinat | | |
|------------|--------------------|-----------------------|------------|
| | Lintang | Bujur | Tinggi (m) |
| M07 | 7° 2' 9,1621750" S | 110° 21' 1,1191695" E | 183,917528 |
| M08 | 7° 2' 9,7378163" S | 110° 21' 2,4496020" E | 183,681639 |
| M09 | 7° 2' 10,331568" S | 110° 21' 3,8089247" E | 184,039832 |
| M10 | 7° 2' 8,8903798" S | 110° 21' 1,2409433" E | 183,498022 |
| M11 | 7° 2' 9,4770767" S | 110° 21' 2,5860199" E | 184,424590 |
| M12 | 7° 2' 10,063505" S | 110° 21' 3,9246070" E | 184,037093 |

Tabel 8. Koordinat Geodetis Titik Bendungan Periode Mei 2104

| Nama Titik | Koordinat | | |
|------------|--------------------|-----------------------|------------|
| | Lintang | Bujur | Tinggi (m) |
| M07 | 7° 2' 9,1621750" S | 110° 21' 1,1191695" E | 183,917528 |
| M08 | 7° 2' 9,7378163" S | 110° 21' 2,4496020" E | 183,681639 |
| M09 | 7° 2' 10,331568" S | 110° 21' 3,8089247" E | 184,039832 |
| M10 | 7° 2' 8,8903798" S | 110° 21' 1,2409433" E | 183,498022 |
| M11 | 7° 2' 9,4770767" S | 110° 21' 2,5860199" E | 184,424590 |
| M12 | 7° 2' 10,063505" S | 110° 21' 3,9246070" E | 184,037093 |

Deformasi Titik Bendungan

Untuk mengetahui besarnya nilai pergeseran titik pantau bendungan dilakukan transformasi koordinat geodetis menjadi koordinat toposentrik. Berikut rumus yang digunakan untuk transformasi koordinat: (Abidin, 2007)

$$\begin{pmatrix} n_A \\ e_A \\ u_A \end{pmatrix} = R(\varphi_0, \lambda_0) \begin{pmatrix} \Delta_X \\ \Delta_Y \\ \Delta_Z \end{pmatrix} \tag{1}$$

$$R(\varphi_0, \lambda_0) = \begin{pmatrix} -\sin \varphi_0 \cos \lambda_0 & -\sin \varphi_0 \sin \lambda_0 & \cos \varphi_0 \\ -\sin \lambda_0 & \cos \lambda_0 & 0 \\ \cos \varphi_0 \cos \lambda_0 & \cos \varphi_0 \sin \lambda_0 & -\sin \varphi_0 \end{pmatrix} \tag{2}$$

$$\begin{pmatrix} \Delta_X \\ \Delta_Y \\ \Delta_Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_A - X_0 \\ Y_A - Y_0 \\ Z_A - Z_0 \end{pmatrix} \tag{3}$$

Dengan,

(n_A, e_A, u_A) = koordinat toposentrik titik A

(φ_0, λ_0) = koordinat geodetik titik O (origin sistem koordinat toposentrik)

(X_A, Y_A, Z_A) = koordinat geosentrik titik A

(X_0, Y_0, Z_0) = koordinat geosentrik titik O (origin sistem koordinat toposentrik)

Menggunakan rumus perhitungan transformasi di atas, dengan mengasumsikan pengamatan pada periode Maret 2014 sebagai koordinat origin/titik nol toposentrik maka didapatkan hasil transformasi koordinat toposentrik pada periode April dan periode Mei pada tabel di bawah ini. Nilai koordinat toposentrik tersebut merupakan nilai perubahan koordinat yang meliputi ΔX , ΔY dan ΔZ .

Tabel 9. Koordinat Toposentrik Titik Bendungan Periode April 2014

| Nama Titik | Koordinat (m) | | | Jarak (m) |
|------------|---------------|----------|----------|-----------|
| | X | Y | Z | |
| M07 | 0,000824 | 0,000472 | 0,001161 | 0,00095 |
| M08 | 0,000769 | 0,000566 | 0,001189 | 0,00074 |
| M09 | 0,000982 | 0,000632 | 0,000620 | 0,00106 |
| M10 | 0,000918 | 0,000882 | 0,001452 | 0,00082 |
| M11 | 0,000796 | 0,000464 | 0,001062 | 0,00085 |
| M12 | 0,001010 | 0,000711 | 0,001117 | 0,00071 |

Tabel 10. Koordinat Toposentrik Titik Bendungan Periode Mei 2014

| Nama Titik | Koordinat (m) | | | Jarak (m) |
|------------|---------------|----------|----------|-----------|
| | X | Y | Z | |
| M07 | 0,000890 | 0,000563 | 0,001163 | 0,00105 |
| M08 | 0,000820 | 0,000667 | 0,001325 | 0,00106 |
| M09 | 0,001446 | 0,000758 | 0,000738 | 0,00163 |
| M10 | 0,000989 | 0,000928 | 0,001515 | 0,00136 |
| M11 | 0,001000 | 0,000639 | 0,001174 | 0,00119 |
| M12 | 0,001333 | 0,000753 | 0,001326 | 0,00153 |

Analisis Deformasi Titik Bendungan

Dalam penelitian ini, perlu dilakukan pengecekan signifikansi secara statistik dari vektor pergeseran hasil estimasi GPS tersebut. Uji-t dikenal dengan uji parsial, yaitu untuk menguji bagaimana pengaruh masing-masing variabel bebasnya secara sendiri-sendiri terhadap variabel terikatnya. Uji ini dapat dilakukan dengan membandingkan t-hitungan dengan t-tabel atau dengan melihat kolom signifikansi pada masing-masing t-hitungan. Tujuan dari uji-t adalah untuk menguji koefisien regresi secara individual. Uji statistik dilakukan dengan cara menguji variabel titik (δd_{ij}) dari sesi i ke sesi j dengan persamaan berikut:

$$\delta d_{ij} = (dE_{ij}^2 + dN_{ij}^2)^{1/2} \tag{4}$$

Standar deviasi dari δd_{ij} dihitung dengan persamaan rumus:

$$\sigma (\delta d_{ij}) = (\sigma dE_{ij}^2 + \sigma dN_{ij}^2)^{0.5} \tag{5}$$

Hipotesa nol yang digunakan pada uji statistik ini adalah titik tidak bergeser dalam selang dari sesi i ke sesi j , sehingga:

Hipotesa nol H_0 : $\delta d_{ij} = 0,$

Hipotesa alternatif H_a : $\delta d_{ij} \neq 0,$

Statistik yang digunakan untuk uji pergeseran titik adalah:

$$T = \delta d_{ij} / \sigma (\delta d_{ij}) \tag{6}$$

Pergeseran dinyatakan signifikan atau hipotesa nol ditolak jika (*Wolf and Ghaliani, 1997*):

$$T > t_{df, \alpha/2} \tag{7}$$

Keterangan:

δd_{ij} = pergeseran titik pengamatan

$\sigma(\delta d_{ij})$ = standar deviasi

T = besaran yang menunjukkan signifikasi pergeseran

df = derajat kebebasan

α = level signifikan yang digunakan untuk uji statistik

Dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 5\%$) dan $df \infty$ maka nilai t adalah 1,960. Apabila t-hitungan lebih besar dari nilai t-tabel (nilai $t_{df, \alpha/2}$) menunjukkan bahwa parameter mempunyai perbedaan yang signifikan. Akan tetapi apabila nilai t-hitungan lebih kecil dari t-tabel (nilai $t_{df, \alpha/2}$) berarti parameter yang diuji tidak mempunyai perbedaan yang signifikan. Tabel berikut merupakan hasil hitungan nilai t-hitungan.

Tabel 11. Hasil Uji Statistik Pergeseran Titik Periode April 2014

| Nama Titik | δd_{ij} | $\sigma(\delta d_{ij})$ | T Hitungan | T Tabel | H ₀ | Pergeseran |
|------------|-----------------|-------------------------|------------|---------|----------------|------------|
| M07 | 0,00095 | 0,00412 | 0,23065 | 1,960 | Diterima | Tidak |
| M08 | 0,00074 | 0,00459 | 0,16060 | 1,960 | Diterima | Tidak |
| M09 | 0,00106 | 0,00405 | 0,26176 | 1,960 | Diterima | Tidak |
| M10 | 0,00082 | 0,00345 | 0,23861 | 1,960 | Diterima | Tidak |
| M11 | 0,00085 | 0,00452 | 0,18766 | 1,960 | Diterima | Tidak |
| M12 | 0,00071 | 0,00373 | 0,19150 | 1,960 | Diterima | Tidak |

Tabel 12. Hasil Uji Statistik Pergeseran Titik Periode Mei 2014

| Nama Titik | δd_{ik} | $\sigma(\delta d_{ik})$ | T Hitungan | T Tabel | H ₀ | Pergeseran |
|------------|-----------------|-------------------------|------------|---------|----------------|------------|
| M07 | 0,00105 | 0,00454 | 0,23201 | 1,960 | Diterima | Tidak |
| M08 | 0,00106 | 0,00418 | 0,25303 | 1,960 | Diterima | Tidak |
| M09 | 0,00163 | 0,00377 | 0,43322 | 1,960 | Diterima | Tidak |
| M10 | 0,00136 | 0,00414 | 0,32746 | 1,960 | Diterima | Tidak |
| M11 | 0,00119 | 0,00038 | 0,31195 | 1,960 | Diterima | Tidak |
| M12 | 0,00153 | 0,00251 | 0,61082 | 1,960 | Diterima | Tidak |

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 11 dan tabel 12 menunjukkan semua nilai t-hitungan kurang dari t_{α} (t-tabel) yang ditentukan. Nilai tersebut menunjukkan bahwa koordinat toposentrik hasil hitungan pada setiap titik tidak mengalami pergeseran secara statistik. Pergeseran pada titik-titik pantau tersebut bukanlah suatu pergeseran yang signifikan. Jadi, secara statistik titik-titik pantau tidak mengalami pergeseran.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis hasil data penelitian yang telah dilaksanakan, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Monitoring deformasi bendungan Jatibarang dapat dilakukan dengan metode survei GPS dan pengolahan data menggunakan *software* ilmiah GAMIT 10.5.
2. Dari hasil survei GPS pada bulan Maret 2104, April 2104 dan Mei 2014 teramati bahwa titik-titik pengamatan mengalami pergeseran setiap bulannya. Rata-rata nilai pergeseran titik pada sumbu X = 0,879 mm, sumbu Y = 0,614 mm dan sumbu Z = 1,114 mm.
3. Walaupun titik pengamatan mengalami deformasi secara numeris. Namun setelah dilakukan uji statistik pada enam titik monitoring bendungan dengan selang kepercayaan 95% dinyatakan bahwa keenam titik tidak memiliki pergeseran yang signifikan. Berdasarkan hasil uji statistik tersebut, dapat disimpulkan bahwa titik-titik pengamatan tidak mengalami deformasi.

Saran

Beberapa saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Untuk memperoleh data yang lebih baik, perlu dilakukan perencanaan survei dan strategi pengamatan yang lebih cermat. Misalnya dengan durasi pengamatan yang lebih lama serta lebih memperhatikan saat *centering* alat.
2. Agar memperoleh hasil data yang signifikan disarankan interval antar pengamatan yang lebih lama.
3. Dalam penentuan titik kontrol, sebaiknya menggunakan titik referensi yang lebih dekat, seperti CORS UDIP, CORS BPN, dll.
4. Sebelum melakukan pengolahan data dengan *software* GAMIT, sebaiknya membaca *manual book* serta referensi-referensi yang berhubungan sehingga kesulitan saat proses pengolahan dapat cepat diatasi.
5. Saat *editing file* pengolahan data, perlu ketelitian dan kecermatan agar tidak terjadi kesalahan saat proses pengolahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z., 2001, *Geodesi Satelit*. Jakarta: PT. Pradnya Paramitha.
- Abidin, H. Z., A. Jones, & J. Kahar. 2002. *Survey dengan GPS*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Abidin, H.Z. 2007. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Abidin, H.Z., 2007, *Modul-1: Introduction to GPS*. Bahan Ajar Kuliah. Jurusan Teknik Geodesi, Institut Teknologi Bandung.
- Bambang D.Y, Artiningsih, Hani'ah. 2011. *Kajian Hitungan Luas Bidang Metode Stop and Go dengan Data Fase dan Precise Ephemeris Menggunakan GPS Topcon RTK HiperGb*. Prosiding Forum Ilmiah Tahunan (FIT) 2011 Ikatan Surveyor Indonesia dan Seminar

- Nasional “Optimalisasi Peran Pemerintah Daerah dan Swasta untuk Percepatan Pemetaan dan Pembangunan”, ISBN 978-602-96012-1-3, Hal. II-114.
- Herring, T.A., King, R.W., & McClusky, S.C. 2007. *Introduction to GAMIT/GLOBK*. Departement of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences. Massachussetts Institute of Technology.
- Herring, T.A., King, R.W., & McClusky, S.C. 2010. *GAMIT Reference Manual*. Departement of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences. Massachussetts Institute of Technology.
- Herring, T.A., King, R.W., & McClusky, S.C. 2010. *GLOBK Reference Manual*. Departement of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences. Massachussetts Institute of Technology.
- Muliawan, L.A. 2012. *Penentuan Koordinat Stasiun GNSS CORS GMUI Bulan Mei 2011*. Skripsi Teknik Geodesi Universitas Gadjah Mada.
- Panuntun, Hidayat. 2012. *Penentuan Posisi Anjungan Minyak Lepas Pantai Dengan Titik Ikta GPS Regional dan Global*. Tesis Teknik Geomatika Kelompok Bidang Geodesi Universitas Gadjah Mada.
- Wolf, Paul R. & Ghilani, C.D., *Adjustment Computations, Statistics and Least Squares in Surveying and GIS*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 564 pp, 1997.