

# PEMANTAUAN DEFORMASI BENDUNGAN JATIBARANG MENGGUNAKAN SCIENTIFIC SOFTWARE GAMIT 10.6 DENGAN TITIK IKAT IGS DAN CORS CSEM TAHUN 2016

**Fajar Rudi Purwoko , Bambang Sudarsono, Fauzi Janu Amarrohman<sup>\*)</sup>**

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788  
Email : fajarrudi15@gmail.com

## ABSTRAK

Bendungan atau dam merupakan konstruksi multifungsi yang dibangun untuk menahan laju air yang memiliki peranan penting bagi kehidupan manusia. Suatu bangunan jika mendapatkan tekanan maka akan mengalami perubahan dimensi ataupun bentuk. Hal ini juga berpengaruh terhadap bendungan. Jika tubuh bendungan mendapatkan tekanan dari efek *loading* air danau serta tekanan dari tubuh bendungan tersebut, maka tubuh bendungan memiliki potensi mengalami deformasi. Sehingga perlu dilakukan pemeliharaan dan perawatan dengan melakukan pemantauan deformasi secara berkala.

Metode pengukuran deformasi yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pengukuran relatif dengan alat ukur GPS *dual frequency* pada 10 titik pengamatan yang terletak di tubuh utama bendungan. Titik ikat yang digunakan yaitu IGS dengan empat stasiun (BAKO, COCO, PIMO, TOW2) dan titik ikat CORS Semarang (CSEM). Perangkat lunak yang digunakan untuk pengolahan data GPS adalah perangkat lunak GAMIT 10.6. Penelitian dilakukan selama tiga periode : Agustus, September dan Oktober 2016 dengan titik pada periode Maret 2015 sebagai titik nol deformasi. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung nilai deformasi serta arah pergerakan titik pengamatan yang terdapat pada tubuh utama bendungan. Selanjutnya melakukan uji statistik untuk mengetahui signifikansi pergerakan dari setiap titik pengamatan.

Hasil pengolahan titik ikat IGS menghasilkan nilai perubahan koordinat terbesar pada sumbu  $n = 0,04870$  m, sumbu  $e = 0,04381$  m, sumbu  $u = 0,17681$  m. Nilai perubahan koordinat terkecil pada sumbu  $n = 0,00158$  m, sumbu  $e = 0,00073$  m, sumbu  $u = 0,00761$  m dengan rata-rata nilai simpangan baku pada sumbu  $n = 0,00364$  m, sumbu  $e = 0,00466$  m, sumbu  $u = 0,0032$  m. Pada pengolahan titik ikat CSEM menghasilkan rata-rata nilai simpangan baku pada sumbu  $X = 0,00991$  m, sumbu  $Y = 0,02673$  m, sumbu  $Z = 0,00667$  m. Dari hasil penelitian dengan titik ikat IGS yang telah dilakukan uji statistik untuk mengetahui perubahan posisi titik pengamatan dengan tingkat kepercayaan 95% terdapat beberapa titik mengalami deformasi yang cukup signifikan baik pergeseran dan/atau penurunan pada periode Maret 2015 hingga Oktober 2016.

**Kata Kunci :** Bendungan, Deformasi, GPS, GAMIT

## ABSTRACT

*Dam is a multifunctional construction is built to withstand the rate of water which has an important role in human life. If a building is under pressure, it will change the dimension or the shape. As well as the dam. If the construction of it gets pressure from the effects of lake water loading and pressure of the dam body, then the body of the dam has the potential of being deformed. So we need to do the maintenance and care by conducting periodic of deformation monitoring.*

*The deformation measurement methods used in this research is a relative measurement with dual frequency GPS measuring devices at 10 observation points located in the main body of the dam. This research uses IGS with four stations (BAKO, COCO, PIMO, TOW2) and CORS Semarang (CSEM) as the connective point. The software used for data processing is GAMIT 10.6. The study was conducted during three periods: August, September and October 2016 with zero point of deformation in the period March 2015. This study aimed to quantify the value of deformation as well as the direction of movement of the observation point located on the main body of the dam. Subsequently perform a statistical test to determine the significance of the movement for each observation point.*

*The results of the processing using connective point IGS produces the biggest change of the coordinate value on the  $n$  axis = 0. 04870 m,  $e$  axis = 0. 04381 m,  $u$  axis = 0. 17681 m. The smallest change of the coordinate value on the  $n$  axis = 0. 00158 m,  $e$  axis = 0. 00073 m,  $u$  axis = 0. 00761 m and the average standard deviation values on the  $n$  axis = 0.00364 m,  $e$  axis = 0.00466 m,  $u$  axis = 0.0032 m. At connective point CSEM produces an average standard deviation values on the  $X$  axis = 0.00991 m,  $Y$  axis = 0.02673 m,  $Z$  axis = 0.00667 m. Based on the results of the research with connective point IGS has done a statistical test to determine the change of the position of the observation point with a 95% confidence level, there are several points deforms significantly better shifting and/or decreasing in the period from March 2015 until October 2016.*

**Keywords:** Dam, Deformation, GPS, GAMIT

<sup>\*)</sup> Penulis, Penanggung Jawab

## I. Pendahuluan

### I.1. Latar Belakang

Indonesia sebagai negara agraris merupakan negara yang eksistensinya sangat bergantung pada air. Fungsi utama air pada negara agraris ialah sebagai faktor penting dalam pengadaan tanaman. Namun selain memberikan manfaat yang sangat besar, dengan air juga dapat menimbulkan suatu bencana jika tidak dikelola dengan baik. Diperlukan upaya pengelolaan air yang baik untuk meminimalisir fenomena-fenomena yang dapat merugikan tiap makhluk hidup. Salah satu sarana pengelolaan serta pemanfaatan air dengan baik adalah dengan bendungan.

Bendungan atau dam merupakan konstruksi multifungsi yang dibangun untuk menahan laju air yang memiliki peranan penting bagi kehidupan manusia. Bendungan yang berfungsi untuk menahan laju air ini memiliki beberapa manfaat penting antara lain irigasi, penyediaan air baku, sebagai PLTA, pengendali banjir, perikanan, pariwisata dan olahraga air.

Pembangunan Bendungan Jatibarang diharapkan juga dapat bekerja sebagai pengendali banjir dari Kali Kreo, Kali Garang, dan Kanal Banjir Barat. Kawasan Semarang bawah merupakan lokasi yang kerap mengalami bencana banjir saat musim penghujan. Namun saat musim kemarau bendungan ini akan berfungsi untuk menangani masalah kekurangan air bersih bagi warga Semarang.

Setiap bangunan yang terus-menerus mendapatkan tekanan maka berpotensi untuk mengalami perubahan, baik posisi, dimensi ataupun bentuk. Bendungan yang merupakan salah satu bangunan yang cukup besar serta terus mendapatkan tekanan dari efek *loading* air. Akibat gaya tekanan ini memungkinkan tubuh Bendungan akan mengalami deformasi.

Diperlukan suatu bentuk pemeliharaan dan perawatan yang memadai guna menghindari kerusakan pada Bendungan mengingat bendungan memiliki peranan yang cukup penting bagi kehidupan masyarakat. Salah satu bentuk pemeliharaan dan perawatan tersebut adalah dengan melakukan pemantauan deformasi pada tubuh bendungan. Pemantauan deformasi pada tubuh bendungan harus dilakukan secara berkala dan terus menerus.

Pengamatan deformasi pada Bendungan Jatibarang sebaiknya dilakukan disebabkan karena bendungan yang sudah terisi air dan beroperasi mulai tanggal 11 Mei 2015. Oleh karena itu bendungan ini sudah mempunyai beban yang memungkinkan untuk terjadinya pergerakan tanah ataupun deformasi bendungan. Sehingga terdapat potensi yang perlu diamati terhadap konstruksi bendungan tersebut guna usaha perawatan Bendungan. Tubuh bendungan akan mengalami deformasi oleh beban air yang akan menjadi sebuah potensi masalah jika tidak dipantau pergerakannya dan penanggulangannya. Berdasarkan penilaian ini, maka diperlukan pengamatan bendungan yang lebih baik dan lebih teliti sehingga dapat

dimanfaatkan sebagai informasi peringatan dini sebelum terjadi bencana ataupun sebagai tindakan perawatan bendungan.

### I.2. Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana hasil pengolahan data GPS yang diolah menggunakan *Scientific Software GAMIT* 10.6 dengan titik ikat IGS pada pengukuran deformasi di Bendungan Jatibarang tahun 2016?
2. Bagaimana hasil pengolahan data GPS yang diolah menggunakan *Scientific Software GAMIT* 10.6 dengan titik ikat CORS CSEM pada pengukuran deformasi di Bendungan Jatibarang tahun 2016?
3. Apakah terjadi pergeseran yang signifikan pada titik kontrol yang berada di tubuh Bendungan Jatibarang pada tahun 2016?

### I.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui hasil pengolahan data GPS yang diolah menggunakan *Scientific Software GAMIT* 10.6 dengan titik ikat IGS pada pengukuran deformasi di Bendungan Jatibarang.
2. Mengetahui hasil pengolahan data GPS yang diolah menggunakan *Scientific Software GAMIT* 10.6 dengan titik ikat CORS CSEM pada pengukuran deformasi di Bendungan Jatibarang.
3. Mengetahui apakah terjadi pergeseran yang signifikan pada titik kontrol yang berada di tubuh Bendungan Jatibarang.

### I.4. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Data primer yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data pengamatan GPS yang dilakukan pada bulan Agustus s.d Oktober 2016 dengan 10 titik pengamatan, data pengamatan stasiun IGS berjumlah empat buah stasiun dengan doy (*day of year*) yang sama dengan data pengamatan GPS serta data CORS CSEM milik BIG.
2. Data sekunder yang digunakan adalah data koordinat hasil pengamatan Bendungan Jatibarang pada bulan Maret tahun 2015.
3. Data titik pengamatan pada penelitian ini diantaranya CP01, CP02, CP03, CP04, M7, M8, M9, M10, M11, dan M12.
4. Data stasiun IGS yang digunakan pada penelitian ini meliputi stasiun BAKO, COCO, PIMO, dan TOW2.
5. Data pengamatan GPS yang digunakan adalah data doy (*day of years*) dengan 10 titik pengamatan setiap bulan.

6. Uji Statistik yang digunakan adalah uji-t untuk mengetahui signifikansi deformasi bendungan tahun 2016 terhadap periode Maret 2015.

## I.5. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini sebagai berikut:

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.

## II. Tinjauan Pustaka

### II.1. Bendungan

Bendungan atau dam adalah konstruksi yang dibangun untuk menahan laju air menjadi waduk, danau, atau tempat rekreasi. Beberapa Bendungan juga digunakan untuk mengalirkan air ke sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Air. Kebanyakan Bendungan juga memiliki pintu air untuk membuang air yang tidak diinginkan secara bertahap dan berkelanjutan. Bendungan memiliki beberapa manfaat penting antara lain irigasi, penyediaan air baku, sebagai PLTA, pengendali banjir, perikanan, pariwisata dan olahraga air. Dalam pembangunan Bendungan tentu bertujuan untuk memberikan manfaat dan kesejahteraan bagi masyarakat.

Bendungan merupakan bangunan air yang dibangun secara melintang sungai, sedemikian rupa agar permukaan air sungai di sekitarnya naik sampai ketinggian tertentu, sehingga air sungai tadi dapat dialirkan melalui pintu sadap ke saluran-saluran pembagi kemudian hingga ke lahan-lahan pertanian (Kartasapoetra, 1991 dalam Yusuf, 2015).

### II.2. Deformasi

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda (Kuang, 1996 dalam Ahmad, 2015). Berdasarkan definisi tersebut deformasi dapat diartikan sebagai perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada suatu benda secara absolut maupun relatif. Dikatakan titik bergerak absolut apabila dikaji dari perilaku gerakan titik itu sendiri dan dikatakan relatif apabila gerakan itu dikaji dari titik yang lain. Perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada umumnya mengacu kepada suatu sistem kerangka referensi (absolut atau relatif).

Untuk mengetahui terjadinya deformasi pada suatu tempat diperlukan suatu pengamatan atau survei, yaitu survei deformasi dan geodinamika. Survei deformasi dan geodinamika adalah survei geodetik yang dilakukan untuk mempelajari fenomena-fenomena deformasi dan geodinamika. Fenomena-fenomena tersebut terbagi atas dua, yaitu fenomena alam seperti pergerakan lempeng tektonik, aktivitas gunung api, dan lain-lain. Fenomena yang lain adalah fenomena manusia seperti bangunan, jembatan, Bendungan, permukaan tanah, dan sebagainya.

### II.3. Global Positioning System (GPS)

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit. Nama formalnya adalah NAVSTAR GPS, kependekan dari “*NAVigation Satellite Timing and Ranging Global Position System*”. Sistem yang dapat digunakan oleh banyak orang sekaligus dalam segala cuaca ini, didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi yang teliti, dan juga informasi mengenai waktu, secara kontinyu di seluruh dunia (Abidin, 2006). Di Indonesia sendiri penggunaan GPS sudah dimulai sejak beberapa tahun yang lalu dan terus berkembang sampai saat ini baik dalam volume maupun jenis aplikasinya. Salah satu aplikasinya adalah untuk *monitoring* deformasi Bendungan.

Pada dasarnya GPS terdiri atas tiga segmen utama, yaitu segmen angkasa (*space segment*) yang terutama terdiri dari satelit-satelit GPS, segmen sistem kontrol (*control system segment*) yang terdiri dari stasiun-stasiun pemonitor dan pengontrol satelit, dan segmen pemakai (*user segment*) yang terdiri dari pemakai GPS termasuk alat-alat penerima dan pengolah sinyal dan data GPS (Abidin, 2006).

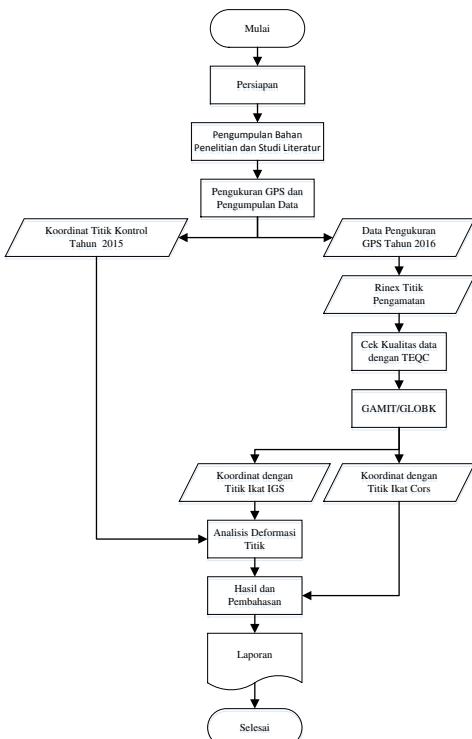
### II.4. CORS (*Continuously Operating Reference Station*)

CORS merupakan teknologi berbasis GNSS yang berwujud sebagai suatu jaring kerangka geodetik yang pada setiap titiknya dilengkapi dengan *receiver* yang mampu menangkap sinyal dari satelit-satelit GNSS yang beroperasi secara penuh dan kontinyu dengan mengumpulkan, merekam, mengirim data, dan memungkinkan para pengguna (*users*) *real time*.

CORS digunakan sebagai titik acuan yang digunakan untuk berbagai aplikasi yang menuntut ketelitian tinggi, posisi CORS sendiri harus memiliki kualitas yang baik. Posisinya terus dipantau dan terus diperbarui terutama jika terjadi pergerakan di bawah tanah tempat stasiun CORS berada, CORS mampu mengakomodir adanya pergerakan lempeng dalam skala lokal maupun global, dan ditentukan dengan mengolah data dari stasiun-stasiun CORS lain yang merupakan bagian dari jaringan CORS global yang sudah ada, dengan metode double-difference untuk mengeliminir kesalahan jam atom pada satelit GPS (Arry, 2011 dalam Nugroho, 2016).

## III. Metodologi Penelitian

Tahapan metodologi penelitian secara umum dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir Penelitian

### III.1 Alat dan Data Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak sebagai berikut:

#### a. Perangkat keras

- i. Laptop dengan spesifikasi Processor Intel inside Core i3 CPU @ 2.30 Ghz, RAM 4.00 GB dan Sistem operasi 64-bit.
- ii. GPS Topcon Hiper GB dan GPS Topcon Hiper II.
- iii. Tripod
- iv. Meteran GPS
- v. Alat tulis

#### b. Perangkat Lunak

- i. Sistem Operasi Ubuntu 14.04 yang merupakan *Operating system* yang *compatible* dengan *scientific software* GAMIT 10.6
- ii. *Scientific software* GAMIT/GLOBK 10.6
- iii. TEQC digunakan untuk melakukan uji kualitas data
- iv. Microsoft Office 2013
- v. Notepad ++

### III.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu :

#### 1. Data Pengamatan

Pengadaan data pengamatan GPS penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus, September, dan Oktober tahun 2016. Pengamatan GPS dilakukan pada 10 titik dengan selang waktu sekitar satu bulan. Titik kontrol yang digunakan untuk mengikat dalam pengamatan ini adalah

BAKO, COCO, PIMO, dan TOW2 yang dapat diunduh melalui *web* CDDIS serta CORS Semarang yang didapat dari Badan Informasi Geospasial (BIG).

#### 2. Data Pendukung

Data Pendukung adalah data-data sekunder yang dibutuhkan saat pengolahan data. Data tersebut digunakan sebagai penunjang data primer untuk mendapatkan hasil akhir dalam penelitian. Pengolahan data pada penelitian ini terbagi menjadi dua yakni, pengolahan GAMIT dan pengolahan uji statistik. Sedangkan data yang dibutuhkan untuk pengolahan uji statistik adalah data hasil pengolahan GAMIT periode Maret 2015 yang akan digunakan sebagai acuan dalam analisis deformasi Bendungan tahun 2016

### III.3 Pengolahan Data

Proses pengolahan data adalah sebagai berikut :

#### III.3.1 Uji Kualitas Data dengan TEQC

Pengecekan kualitas data dilakukan sebelum melakukan pengolahan data dengan menggunakan *software* GAMIT dalam format RINEX dengan perangkat lunak TEQC. Pegecekan data dilakukan untuk mengetahui waktu mulai dan berakhirnya setiap pengamatan, nilai *multipath* yang terjadi, interval perekaman, total satelit dan informasi lainnya.

#### III.3.2 Pengolahan Data dengan GAMIT

GAMIT adalah sebuah paket perangkat lunak ilmiah yang digunakan untuk pengolahan data pengamatan GPS yang dikembangkan oleh MIT (*Massachusetts Institute of Techology*) dan SIO (*Scripps Institution of Oceanography*) dan *Harvard University* dengan dukungan dari *National Science Foundation* untuk melakukan analisis pengamatan GPS yaitu estimasi koordinat stasiun, percepatan, fungsi post-seismik deformasi, *atmospheric delay*, orbit satelit dan parameter orientasi bumi. Perangkat lunak ini dapat menghasilkan posisi relatif tiga dimensi stasiun bumi, orbit satelit, dan parameter orientasi bumi dengan tingkat ketelitian tinggi karena data yang digunakan selain data *broadcast ephemeris*, juga digunakan data *precise ephemeris*. Hasil keluaran dari perangkat lunak GAMIT berupa estimasi dan matrik kovarian dari posisi stasiun dan parameter orbit dan rotasi bumi yang kemudian dimasukkan pada GLOBK.

*File* yang digunakan pada pengolahan dengan GLOBK yaitu *file* koordinat pendekatan (\*.apr), *earthquake file* (eq\_file) dan *command block file* (com\_file), *sort file* (srt\_file), apriori rotasi bumi (in\_pmu). Proses harian (*daily processing* dengan GLRED) dan terakhir dilakukan proses global (*global processing* dengan GLOBK). Proses pada GLOBK melakukan kombinasi lebih dari satu solusi, sekaligus

melakukan pengikatan terhadap sebuah *frame* koordinat. Hasil yang didapat dari proses tersebut dapat berupa koordinat kartesian tiga dimensi, data panjang baseline, ketelitian data pengamatan dan titik ikat pengamatan.

### III.3.3 Uji Statistik “t” (*Student*)

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. Uji statistik ini dilakukan dengan cara menguji variabel pergerakan titik ( $P_{ij}$ ) dari sesi pengamatan i ke sesi j.

### Keterangan :

$t$  : Besaran yang menunjukkan signifikansi pergeseran  
 $Pij$  : Pergeseran titik pengamatan  
 $Std$  : Standar deviasi  $Pij$

#### **IV. Hasil dan Pembahasan**

#### **IV. Hasil dan Pembahasan**

##### **IV.1 Hasil Pengecekan Kualitas Data dengan TEQC**

Data pengamatan GPS memiliki kualitas baik atau tidaknya dilihat dari nilai MP1 dan MP2. Efek multipath diklasifikasikan baik apabila MP1 maupun MP2 memiliki nilai kurang dari 0,5 m (Muliawan, 2012). Hasil seluruh pengecekan data pengukuran Bendungan Jatibarang dapat dilihat pada Tabel 1, 2, dan 3 berikut :

**Tabel 1.** Hasil Uji Kualitas Data Periode Agustus 2016

Titik (DOY)	<i>Moving Average</i>	
	MP 1 (meter)	MP 2 (meter)
CP01 (239)	0,299026	0,343540
CP02 (239)	0,489737	0,458886
CP03 (242)	0,558976	0,557401
CP04 (242)	0,364670	0,370324
M07 (239)	0,336962	0,343798
M08 (240)	0,482852	0,456309
M09 (240)	0,377244	0,347679
M10 (239)	0,317788	0,337106
M11 (240)	0,267307	0,262125
M12 (240)	0,301163	0,316926
Rata-rata	0,379573	0,379409

**Tabel 2.** Hasil Uji Kualitas Data Periode September 2016

Titik (DOY)	<i>Moving Average</i>	
	MP 1 (meter)	MP 2 (meter)
CP01 (239)	0,281754	0,286000
CP02 (239)	0,450605	0,463059
CP03 (242)	0,545262	0,553108
CP04 (242)	0,612505	0,560321
M07 (239)	0,353659	0,321738
M08 (240)	0,454602	0,448145
M09 (240)	0,375457	0,357598
M10 (239)	0,305387	0,298098
M11 (240)	0,352296	0,340355
M12 (240)	0,256272	0,249320
Rata-rata	0,398778	0,387774

**Tabel 3.** Hasil Uji Kualitas Data Periode Oktober 2016

Titik (DOY)	<i>Moving Average</i>	
	MP 1 (meter)	MP 2 (meter)
CP01 (239)	0,404134	0,398994
CP02 (239)	0,412503	0,418266
CP03 (242)	0,547671	0,578957
CP04 (242)	0,608771	0,595518
M07 (239)	0,324602	0,313611
M08 (240)	0,439269	0,424863
M09 (240)	0,369590	0,343192
M10 (239)	0,288355	0,282192
M11 (240)	0,390617	0,387079
M12 (240)	0,433590	0,420805
Rata-rata	0,421910	0,416348

Berdasarkan hasil pengecekan kualitas data pada semua periode pengukuran menunjukkan bahwa MP1 dan MP2 dari data pengamatan GPS terdapat titik pengamatan CP03 dan CP04 yang memiliki nilai lebih besar dari 0,5. Hal ini dapat dikarenakan adanya penghalang berupa ilalang yang cukup tinggi yang berada di sekitar kedua titik pengamatan. Namun, dalam pengolahan selanjutnya masih dapat digunakan karena dalam perangkat lunak GAMIT terdapat parameter estimasi orbit satelit yang dapat digunakan untuk mengoreksi data RINEX titik pengamatan.

#### **IV.2 Hasil Pengolahan GAMIT dan GLOBK**

Nilai koordinat masing-masing titik pada setiap periode pengukuran ditampilkan dalam Tabel 4, 5, dan 6 berikut :

**Tabel 4.** Koordinat Kartesian Periode Agustus 2016

Titik	Koordinat Kartesian 3D			Simpangan Baku		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
CP01	-2.201.468,250	5.935.503,288	-776.051,551	0,00347	0,00458	0,00313
CP02	-2.201.459,569	5.935.504,008	-776.070,688	0,00348	0,00458	0,00308
CP03	-2.201.643,971	5.935.424,307	-776.156,770	0,00386	0,00474	0,00324
CP04	-2.201.652,168	5.935.423,296	-776.140,868	0,00394	0,00477	0,00332
BM07	-2.201.526,281	5.935.476,069	-776.094,860	0,00357	0,00468	0,00317
BM08	-2.201.564,388	5.935.460,101	-776.112,587	0,00367	0,00464	0,00333
BM09	-2.201.602,136	5.935.443,328	-776.130,478	0,00374	0,00469	0,00337
BM10	-2.201.530,062	5.935.475,754	-776.086,563	0,00356	0,00467	0,00316
BM11	-2.201.568,149	5.935.459,803	-776.104,468	0,00361	0,00462	0,00327
BM12	-2.201.605,782	5.935.442,986	-776.122,294	0,00376	0,00469	0,00340

**Tabel 5.** Koordinat Kartesian Periode September 2016

Titik	Koordinat Kartesian 3D			Simpangan Baku		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
CP01	-2.201.468,248	5.935.503,289	-776.051,556	0,00332	0,00445	0,00286
CP02	-2.201.459,567	5.935.504,016	-776.070,694	0,00329	0,00448	0,00282
CP03	-2.201.643,976	5.935.424,305	-776.156,769	0,00432	0,00487	0,00387
CP04	-2.201.652,172	5.935.423,293	-776.140,872	0,00431	0,00486	0,00382
BM07	-2.201.526,282	5.935.476,069	-776.094,861	0,00335	0,00456	0,00295
BM08	-2.201.564,385	5.935.460,098	-776.112,586	0,00347	0,00462	0,00316
BM09	-2.201.602,135	5.935.443,324	-776.130,473	0,00343	0,00464	0,00317
BM10	-2.201.530,064	5.935.475,759	-776.086,559	0,00333	0,00455	0,00291
BM11	-2.201.568,150	5.935.459,805	-776.104,470	0,00335	0,00466	0,00325
BM12	-2.201.605,782	5.935.442,982	-776.122,293	0,00344	0,00464	0,00314

**Tabel 6.** Koordinat Kartesian Periode Oktober 2016

Titik	Koordinat Kartesian 3D			Simpangan Baku		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
CP01	-2.201.468,239	5.935.503,289	-776.051,548	0,00363	0,00462	0,00318
CP02	-2.201.459,565	5.935.503,994	-776.070,688	0,00409	0,00475	0,00366
CP03	-2.201.643,975	5.935.424,306	-776.156,767	0,00401	0,00482	0,00359
CP04	-2.201.652,173	5.935.423,290	-776.140,875	0,00405	0,00483	0,00371
BM07	-2.201.526,282	5.935.476,068	-776.094,860	0,00412	0,00448	0,00377
BM08	-2.201.564,362	5.935.460,098	-776.112,587	0,00401	0,00476	0,00337
BM09	-2.201.602,131	5.935.443,321	-776.130,473	0,00383	0,00473	0,00349
BM10	-2.201.530,064	5.935.475,758	-776.086,561	0,00349	0,00465	0,00316
BM11	-2.201.568,147	5.935.459,803	-776.104,470	0,0041	0,0047	0,00347
BM12	-2.201.605,781	5.935.442,985	-776.122,294	0,00383	0,00472	0,00340

Hasil Koordinat Kartesian yang sudah didapat selanjutnya ditransformasikan dalam sistem koordinat geodetic seperti yang disajikan dalam Tabel 7, Tabel 8 dan Tabel 9 :

**Tabel 7.** Koordinat Geodetic Periode Agustus 2016

Titik	Koordinat		Tinggi Ellipsoid (m)
	Lintang (S)	Bujur (T)	
CP01	7° 2' 07,74278"	110° 20' 59,03913"	183,824
CP02	7° 2' 08,37037"	110° 20' 58,76577"	183,842
CP03	7° 2' 11,19361"	110° 21' 05,30206"	183,868
CP04	7° 2' 10,67231"	110° 21' 05,56392"	183,808
BM07	7° 2' 09,16323"	110° 21' 01,12032"	183,829
BM08	7° 2' 09,74279"	110° 21' 02,46534"	184,294
BM09	7° 2' 10,33112"	110° 21' 03,80855"	183,907
BM10	7° 2' 08,89110"	110° 21' 01,23938"	183,825
BM11	7° 2' 09,47639"	110° 21' 02,58361"	184,321
BM12	7° 2' 10,06296"	110° 21' 03,92379"	183,845

**Tabel 8.** Koordinat Geodetic Periode September 2016

Titik	Koordinat		Tinggi Ellipsoid (m)
	Lintang (S)	Bujur (T)	
CP01	7° 2' 07,74293"	110° 20' 59,03906"	183,825
CP02	7° 2' 08,37054"	110° 20' 58,76563"	183,85
CP03	7° 2' 11,19360"	110° 21' 05,30223"	183,868
CP04	7° 2' 10,67242"	110° 21' 05,56409"	183,808
BM07	7° 2' 09,16326"	110° 21' 01,12032"	183,83
BM08	7° 2' 09,74309"	110° 21' 02,46529"	184,291
BM09	7° 2' 10,33097"	110° 21' 03,80856"	183,903
BM10	7° 2' 08,89096"	110° 21' 01,23937"	183,83
BM11	7° 2' 09,47644"	110° 21' 02,58364"	184,323
BM12	7° 2' 10,06292"	110° 21' 03,92383"	183,841

**Tabel 9.** Koordinat Geodetic Periode Oktober 2016

Titik	Koordinat		Tinggi Ellipsoid (m)
	Lintang (S)	Bujur (T)	
CP01	7° 2' 07,74270"	110° 20' 59,03879"	183,82
CP02	7° 2' 08,37042"	110° 20' 58,76583"	183,828
CP03	7° 2' 11,19351"	110° 21' 05,30222"	183,868
CP04	7° 2' 10,67253"	110° 21' 05,56416"	183,805
BM07	7° 2' 09,16323"	110° 21' 01,12035"	183,829
BM08	7° 2' 09,74259"	110° 21' 02,46460"	184,282
BM09	7° 2' 10,33099"	110° 21' 03,80846"	183,898
BM10	7° 2' 08,89103"	110° 21' 01,23939"	183,829
BM11	7° 2' 09,47644"	110° 21' 02,58355"	184,32
BM12	7° 2' 10,06295"	110° 21' 03,92378"	183,843

#### IV.3 Deformasi Titik Pengamatan

Untuk mengetahui besarnya nilai deformasi titik pengamatan Bendungan dilakukan transformasi koordinat geodetic menjadi koordinat toposentrik. Berikut hasil konversi koordinat toposentrik dari geodetic dapat dilihat pada Tabel 10, Tabel 11, dan Tabel 12.

**Tabel 10.** Koordinat Toposentrik Maret 2015-Agustus 2016

Titik	Koordinat Toposentrik (m)			Simpangan Baku (m)		
	n	e	u	n	e	u
CP01	-0,02009	0,04381	0,01042	0,00309	0,00324	0,00477
CP02	-0,01995	0,04008	0,03857	0,00305	0,00326	0,00476
CP03	-0,00478	0,02011	-0,08063	0,00322	0,00377	0,00483
CP04	-0,01034	0,01398	-0,10036	0,00330	0,00386	0,00485
BM07	-0,02629	-0,00368	-0,02424	0,00314	0,00339	0,00483
BM08	-0,01082	0,02928	-0,09761	0,00331	0,00351	0,00477
BM09	-0,00976	0,00350	-0,15407	0,00335	0,00357	0,00483
BM10	-0,04870	0,02924	-0,03359	0,00313	0,00338	0,00482
BM11	-0,00173	0,02289	-0,04280	0,00324	0,00340	0,00476
BM12	-0,01288	-0,02746	-0,17367	0,00337	0,00360	0,00483

**Tabel 11.** Koordinat Toposentrik Maret 2015-September 2016

Titik	Koordinat Toposentrik (m)			Simpangan Baku (m)		
	n	e	u	n	e	u
CP01	-0,02449	0,04157	0,01039	0,00282	0,00311	0,00467
CP02	-0,02496	0,03567	0,04510	0,00278	0,00308	0,00466
CP03	-0,00429	0,02554	-0,08119	0,00358	0,00383	0,00490
CP04	-0,01359	0,01922	-0,10168	0,00350	0,00376	0,00490
BM07	-0,02726	-0,00348	-0,02368	0,00291	0,00313	0,00473
BM08	-0,01016	0,02778	-0,10089	0,00313	0,00330	0,00476
BM09	-0,00508	0,00386	-0,15692	0,00315	0,00323	0,00479
BM10	-0,04455	0,02890	-0,02829	0,00288	0,00312	0,00472
BM11	-0,00348	0,00379	-0,04089	0,00322	0,00331	0,00481
BM12	-0,01153	-0,02629	-0,17681	0,00312	0,00328	0,00477

**Tabel 12.** Koordinat Toposentrik Maret 2015-Okttober 2016

Titik	Koordinat Toposentrik (m)			Simpangan Baku (m)		
	n	e	u	n	e	u
CP01	-0,01739	0,03322	0,00760	0,00315	0,00342	0,00480
CP02	-0,02150	0,04172	0,02458	0,00363	0,00397	0,00487
CP03	-0,00158	0,02496	-0,08004	0,00358	0,00391	0,00492
CP04	-0,01697	0,02132	-0,10482	0,00370	0,00397	0,00490
BM07	-0,02622	-0,00273	-0,02462	0,00376	0,00401	0,00490
BM08	-0,01184	0,00681	-0,10960	0,00368	0,00389	0,00488
BM09	-0,00591	0,00073	-0,16160	0,00348	0,00367	0,00487
BM10	-0,04660	0,02954	-0,02993	0,00314	0,00330	0,00481
BM11	-0,00342	0,00101	-0,04388	0,00345	0,00393	0,00486
BM12	-0,01243	-0,02278	-0,17501	0,00338	0,00367	0,00485

Nilai t-tabel dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% ( $\alpha = 5\%$ ) dan  $df \infty$  adalah 1,960. Apabila t-hitungan lebih besar dari nilai t-tabel (nilai t  $t_{df,\alpha/2}$ ) menunjukkan bahwa parameter mempunyai perbedaan yang signifikan. Akan tetapi apabila nilai t-hitungan lebih kecil dari t-tabel (nilai t  $t_{df,\alpha/2}$ ) berarti parameter yang diuji tidak mempunyai perbedaan yang signifikan. Tabel berikut merupakan hasil hitungan nilai t-hitungan. Hasil uji statistik deformasi dapat dilihat pada Tabel 12, 13, dan 14 untuk pergeseran dan pada Tabel 15, 16, dan 17 untuk penurunan.

**Tabel 13.** Hasil Uji Statistik Pergeseran Titik Periode Maret 2015 - Agustus 2016

Titik	Pij	Std Pij	t hitungan	t tabel	Ho	Pergeseran
CP01	0,04820	0,00395	12,19298	1,96	Ditolak	Iya
CP02	0,04477	0,00377	11,88160	1,96	Ditolak	Iya
CP03	0,02067	0,00469	4,40950	1,96	Ditolak	Iya
CP04	0,01739	0,00448	3,88245	1,96	Ditolak	Iya
BM07	0,02655	0,00339	7,83096	1,96	Ditolak	Iya
BM08	0,03121	0,00378	8,24470	1,96	Ditolak	Iya
BM09	0,01037	0,00418	2,47778	1,96	Ditolak	Iya
BM10	0,05681	0,00336	16,88970	1,96	Ditolak	Iya
BM11	0,00337	0,00361	0,93488	1,96	Diterima	Tidak
BM12	0,03033	0,00383	7,91992	1,96	Ditolak	Iya

**Tabel 14.** Hasil Uji Statistik Pergeseran Titik Periode Maret 2015 - September 2016

Titik	Pij	Std Pij	t hitungan	t tabel	Ho	Pergeseran
CP01	0,04825	0,00421	11,46777	1,96	Ditolak	Iya
CP02	0,04354	0,00406	10,71777	1,96	Ditolak	Iya
CP03	0,0259	0,00444	5,82753	1,96	Ditolak	Iya
CP04	0,02354	0,00446	5,28155	1,96	Ditolak	Iya
BM07	0,02748	0,00373	7,37589	1,96	Ditolak	Iya
BM08	0,02957	0,00712	4,15323	1,96	Ditolak	Iya
BM09	0,00638	0,00755	0,8449	1,96	Diterima	Tidak
BM10	0,05311	0,00371	14,3226	1,96	Ditolak	Iya
BM11	0,00515	0,0037	1,39218	1,96	Diterima	Tidak
BM12	0,02871	0,00637	4,50835	1,96	Ditolak	Iya

**Tabel 15.** Hasil Uji Statistik Pergeseran Titik Periode Maret 2015 - Oktober 2016

Titik	Pij	Std Pij	t hitungan	t tabel	Ho	Pergeseran
CP01	0,0375	0,00377	9,95111	1,96	Ditolak	Iya
CP02	0,04693	0,00287	16,37201	1,96	Ditolak	Iya
CP03	0,02501	0,00438	5,7169	1,96	Ditolak	Iya
CP04	0,02725	0,00418	6,52648	1,96	Ditolak	Iya
BM07	0,02636	0,00258	10,2274	1,96	Ditolak	Iya
BM08	0,01366	0,00328	4,16613	1,96	Ditolak	Iya
BM09	0,00596	0,00403	1,47653	1,96	Diterima	Tidak
BM10	0,05517	0,00343	16,0788	1,96	Ditolak	Iya
BM11	0,00357	0,00304	1,17265	1,96	Diterima	Tidak
BM12	0,03042	0,00376	8,08277	1,96	Ditolak	Iya

Berdasarkan hasil perhitungan pada uji statistik menunjukkan hasil yang bervariasi dari nilai  $t_a$  yang telah ditentukan. Nilai tersebut menunjukkan bahwa koordinat toposentrik hasil hitungan pada setiap titik terdapat pergeseran dan ada juga yang tidak mengalami pergeseran horizontal secara signifikan. Sebagian besar titik pengamatan mengalami pergeseran yang signifikan. Titik yang tidak mengalami pergeseran yang signifikan selama periode pertama hingga ketiga terdapat pada titik BM11. Pada titik BM09 hanya mengalami pergeseran yang signifikan pada periode pertama.

**Tabel 16.** Hasil Uji Statistik Penurunan Titik Periode Maret 2015 - Agustus 2016

Titik	$du_{jj}$	Rata-rata $std_{jj}$	t hitungan	t tabel	Ho	Penurunan
CP01	0,01042	0,01156	0,90157	1,96	Diterima	Tidak
CP02	0,03857	0,00491	7,86268	1,96	Ditolak	Iya
CP03	-0,08063	0,01540	-5,23770	1,96	Ditolak	Iya
CP04	-0,10036	0,01563	-6,42285	1,96	Ditolak	Iya
BM07	-0,02424	0,01052	-2,30407	1,96	Ditolak	Iya
BM08	-0,09761	0,01175	-8,31092	1,96	Ditolak	Iya
BM09	-0,15407	0,01386	-11,11600	1,96	Ditolak	Iya
BM10	-0,03359	0,01049	-3,20256	1,96	Ditolak	Iya
BM11	-0,04280	0,01118	-3,83003	1,96	Ditolak	Iya
BM12	-0,17367	0,01304	-13,31850	1,96	Ditolak	Iya

**Tabel 17.** Hasil Uji Statistik Penurunan Titik Periode Maret 2015 - September 2016

Titik	$du_{ij}$	Rata-rata std $ij$	t hitungan	t tabel	Ho	Penurunan
CP01	0,01039	0,01151	0,90270	1,96	Diterima	Tidak
CP02	0,04511	0,00486	9,29049	1,96	Ditolak	Iya
CP03	-0,08119	0,01543	-5,26192	1,96	Ditolak	Iya
CP04	-0,10168	0,01565	-6,49715	1,96	Ditolak	Iya
BM07	-0,02368	0,01047	-2,26175	1,96	Ditolak	Iya
BM08	-0,10089	0,01174	-8,59353	1,96	Ditolak	Iya
BM09	-0,15693	0,01384	-11,33860	1,96	Ditolak	Iya
BM10	-0,02829	0,01044	-2,71014	1,96	Ditolak	Iya
BM11	-0,04089	0,01120	-3,65064	1,96	Ditolak	Iya
BM12	-0,17681	0,01301	-13,59060	1,96	Ditolak	Iya

**Tabel 18.** Hasil Uji Statistik Penurunan Titik Periode Maret 2015 - Oktober 2016

Titik	$du_{ij}$	Rata-rata std $ij$	t hitungan	t tabel	Ho	Penurunan
CP01	0,0076	0,01158	0,65699	1,96	Diterima	Tidak
CP02	0,02458	0,00496	4,95647	1,96	Ditolak	Iya
CP03	-0,08004	0,01544	-5,18417	1,96	Ditolak	Iya
CP04	-0,10482	0,01565	-6,69793	1,96	Ditolak	Iya
BM07	-0,02462	0,01056	-2,33222	1,96	Ditolak	Iya
BM08	-0,1096	0,0118	-9,28826	1,96	Ditolak	Iya
BM09	-0,1616	0,01388	-11,6428	1,96	Ditolak	Iya
BM10	-0,02993	0,01049	-2,85486	1,96	Ditolak	Iya
BM11	-0,04388	0,01123	-3,9092	1,96	Ditolak	Iya
BM12	-0,17501	0,01305	-13,4107	1,96	Ditolak	Iya

Berdasarkan hasil perhitungan pada uji statistik menunjukkan hasil yang berbeda dengan nilai  $t_u$  yang telah ditentukan. Nilai tersebut menunjukkan bahwa koordinat toposentrik hasil hitungan pada setiap titik selain titik CP01 mengalami pergeseran vertikal yang signifikan baik secara statistik maupun numerik. Hal ini kemungkinan disebabkan karena beberapa faktor diantaranya :

1. Terjadi pergeseran vertikal titik pengamatan,
2. ketelitian pengukuran tinggi menggunakan GPS masih kurang teliti dan/atau
3. kesalahan pengukuran tinggi alat
4. Posisi pemasangan BM yang berada di atas tumpukan batu memungkinkan BM bergeser akibat pergerakan dari batu tersebut

#### IV.4 Perbandingan Ketelitian Titik Ikat IGS dengan CORS Semarang (CSEM)

Faktor pembanding yang digunakan untuk analisis ini adalah nilai pada simpangan baku saja, karena nilai X, Y, dan Z pada simpangan baku dirasa sudah cukup untuk mewakili tingkat ketelitian perbandingan dua titik ikat yang digunakan. Berikut tabel analisis perbandingan simpangan baku antara pengolahan data GPS menggunakan Stasiun IGS dengan pengolahan data GPS menggunakan Stasiun CORS Semarang (CSEM) :

**Tabel 19.** Perbandingan Nilai Simpangan Baku Titik Ikat IGS dengan Titik Ikat CSEM Periode Agustus 2016

Titik	Simpangan Baku					
	IGS			CSEM		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
CP01	0,00347	0,00458	0,00313	0,00960	0,02366	0,00629
CP02	0,00348	0,00458	0,00308	0,00930	0,02338	0,00612
CP03	0,00386	0,00474	0,00324	0,01016	0,02877	0,00646
CP04	0,00394	0,00477	0,00332	0,00998	0,02864	0,00638
BM07	0,00357	0,00468	0,00317	0,00997	0,02495	0,00640
BM08	0,00367	0,00464	0,00333	0,00944	0,02525	0,00646
BM09	0,00374	0,00469	0,00337	0,00983	0,02574	0,00648
BM10	0,00356	0,00467	0,00316	0,00959	0,02418	0,00620
BM11	0,00361	0,00462	0,00327	0,00915	0,02464	0,00623
BM12	0,00376	0,00469	0,00340	0,00999	0,02600	0,00656

**Tabel 20.** Perbandingan Nilai Simpangan Baku Titik Ikat IGS dengan Titik Ikat CSEM Periode September 2016

Titik	Simpangan Baku					
	IGS			CSEM		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
CP01	0,00332	0,00450	0,00286	0,00859	0,02290	0,00612
CP02	0,00329	0,00448	0,00282	0,00876	0,02319	0,00617
CP03	0,00432	0,00487	0,00387	0,01233	0,03500	0,00814
CP04	0,00431	0,00486	0,00382	0,01126	0,03293	0,00751
BM07	0,00335	0,00456	0,00295	0,00894	0,02361	0,00624
BM08	0,00347	0,00462	0,00316	0,00958	0,02601	0,00704
BM09	0,00343	0,00464	0,00317	0,01006	0,02685	0,00726
BM10	0,00333	0,00455	0,00291	0,00884	0,02342	0,00617
BM11	0,00350	0,00466	0,00325	0,01021	0,02710	0,00734
BM12	0,00344	0,00464	0,00314	0,00917	0,02538	0,00681

**Tabel 21.** Perbandingan Nilai Simpangan Baku Titik Ikat IGS dengan Titik Ikat CSEM Periode Oktober 2016

Titik	Simpangan Baku					
	IGS			CSEM		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
CP01	0,00363	0,00462	0,00318	0,00910	0,02328	0,00620
CP02	0,00409	0,00475	0,00366	0,00903	0,02328	0,00614
CP03	0,00401	0,00482	0,00359	0,01124	0,03188	0,0073
CP04	0,00405	0,00483	0,00371	0,01062	0,03078	0,00694
BM07	0,00412	0,00480	0,00377	0,00946	0,02428	0,00632
BM08	0,00401	0,00476	0,00370	0,01050	0,02811	0,00655
BM09	0,00383	0,00473	0,00349	0,01143	0,03336	0,00778
BM10	0,00349	0,00465	0,00316	0,00922	0,02380	0,00618
BM11	0,00410	0,00470	0,00347	0,01121	0,02890	0,00685
BM12	0,00383	0,00472	0,00340	0,01082	0,03269	0,00752

Pengolahan deformasi Bendungan Jatibarang menggunakan *Scientific Software GAMIT 10.6* dengan titik ikat IGS dan CORS menghasilkan nilai koordinat dan simpangan baku yang berbeda. Perbedaan jarak antara titik ikat dengan titik pengamatan merupakan faktor utama yang menyebabkan perbedaan nilai tersebut. Jarak antara titik pengamatan dengan titik ikat sangat berpengaruh terhadap pemantauan deformasi. Pada pemantauan deformasi, semakin jauh titik ikatnya maka semakin baik karena sangat kecil titik ikat tersebut terkena dampak dari faktor penyebab deformasi titik pengamatannya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil pengolahan menggunakan titik ikat IGS lebih baik dibandingkan dengan pengolahan menggunakan titik ikat CORS CSEM.

## V. Kesimpulan dan Saran

### V.1 Kesimpulan

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

1. Dari hasil pengolahan data pengukuran GPS pada bulan Agustus, September, dan Oktober tahun 2016 menggunakan scientific software GAMIT 10.6 teramatinya bahwa tiap titik mengalami perubahan koordinat setiap bulannya. Nilai perubahan koordinat dalam sistem koordinat toposentrik terbesar pada periode Maret 2015 hingga Oktober 2016 pada sumbu n = 0,04870 m (BM10), sumbu e = 0,04381 m (CP01), sumbu u = 0,17681 m (BM12). Nilai perubahan koordinat terkecil pada periode Maret 2015 hingga Oktober 2016 pada sumbu n = 0,00158 m (CP03), sumbu e = 0,00073 m (BM09), sumbu u = 0,00761 m (CP01) dengan rata-rata nilai simpangan baku pada sumbu n = 0,00364 m, sumbu e = 0,00466 m, sumbu u = 0,0032 m.
2. Dari hasil pengolahan data pengukuran GPS pada bulan Agustus, September, dan Oktober tahun 2016 menggunakan *scientific software* GAMIT 10.6 dengan titik ikat CORS CSEM menghasilkan rata-rata nilai simpangan baku pada sumbu X = 0,00991 m, sumbu Y = 0,02673 m, sumbu Z = 0,00667 m. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengolahan data GPS menggunakan titik ikat stasiun CORS CSEM lebih besar dalam menghasilkan simpangan baku dibandingkan dengan menggunakan titik ikat IGS. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengolahan studi deformasi menggunakan software GAMIT 10.6 dengan titik ikat Stasiun IGS dengan 4 titik ikat lebih baik daripada menggunakan titik ikat CORS CSEM.
3. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan uji statistik untuk mengetahui perubahan posisi titik pengamatan dengan tingkat kepercayaan 95% sebagian besar titik mengalami deformasi yang signifikan baik pergeseran dan/atau penurunan pada periode Maret 2015 hingga Oktober 2016. Titik yang tidak mengalami pergeseran yang signifikan selama periode pertama hingga ketiga terdapat pada titik BM11. Pada titik BM09 hanya mengalami pergeseran yang signifikan pada periode pertama. Sedangkan pada pergerakan vertikal terjadi pada semua titik selama periode Maret 2015 hingga Oktober 2016, kecuali titik CP01 tidak bergerak secara signifikan selama tiga periode tersebut.

### V.2 Saran

Setelah mendapatkan beberapa kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan. Maka dapat

dikemukakan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Pada pemantauan deformasi menggunakan GPS ketelitian horisontal yang dihasilkan cukup teliti namun untuk ketelitian vertikal masih kurang teliti dibandingkan dengan waterpass. Sehingga untuk mendapatkan ketelitian vertikal yang lebih baik disarankan menggunakan alat ukur waterpass.
2. Untuk validasi ketinggian sebaiknya dilakukan dengan pengukuran sifat datar, karena tinggi yang dihasilkan dari pengukuran GPS masih kurang teliti.
3. 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 dan pengukuran ketinggian alat.
4. Pengamatan deformasi Bendungan Jatibarang sebaiknya dilakukan secara kontinu atau berlanjut agar dapat mengetahui kondisi deformasi yang terjadi pada lokasi pengamatan sebagai salah satu upaya mitigasi bencana Bedungan Jatibarang di kota Semarang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z. 2006. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. PT Pradnya Paramita: Jakarta.
- Ahmad, Ali A. 2014. *Pengamatan GPS Untuk Monitoring Deformasi Bendungan Jatibarang Menggunakan Software GAMIT 10.4. Skripsi*. Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.
- Nugroho, Adi N. R. 2016. *Analisis Ketelitian Titik Kontrol Horizontal Pada Studi Deformasi Jembatan Penggaron Menggunakan Perangkat Lunak Gamit 10.6. Skripsi*. Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.
- Yusuf, M.A. 2015. *Pengamatan GPS untuk monitoring deformasi Bendungan Undip. Skripsi*. Program Studi Teknik Geodesi, Universitas Diponegoro, Semarang.