

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengecekan Kualitas Data Observasi Dengan TEQC

Kualitas dari data observasi dapat ditunjukkan dengan melihat besar kecilnya nilai *moving average* dari *multipath* untuk sinyal L1 (MP1) dan nilai *moving average* dari *multipath* untuk sinyal L2 (MP2). Untuk mengetahui nilai tersebut dijalankan perintah TEQC (*Translating, Editing and Quality Check*). MP1 dan MP2 adalah nilai RMS dari kombinasi data *multipath* yang terekam.

Multipath adalah fenomena dimana sinyal satelit dari GPS tiba di antenna melalui dua atau lebih lintasan yang berbeda (*Sunantyo dalam Hidayat Panuntun, 2012*). Dalam hal ini satu sinyal merupakan sinyal langsung dari satelit ke antenna sedangkan yang lain merupakan sinyal tidak langsung hasil pantulan benda yang berada di sekitar antenna sebelum sinyal tiba di antenna. Sehingga sinyal yang diterima antenna merupakan perpaduan antara sinyal langsung dari satelit dan sinyal tidak langsung hasil pantulan benda sekitar. Sampai saat ini belum ada suatu model umum yang dapat digunakan untuk menghilangkan efek *multipath*. Efek *multipath* diklasifikasikan baik apabila MP1 maupun MP2 memiliki nilai kurang dari 0,5 m (*Muliawan, 2012*).

```

Command Prompt

*****
QC of RINEX file(s) : log0102b.140
input RnxNAU file(s) : log0102b.14N
*****

4-character ID      : (name = log0412b_DM20)
Receiver type      : Topcon (# = 8P97W1BDM20)
Antenna type       :

Time of start of window : 2014 Apr 12 01:42:30.000
Time of end of window   : 2014 Apr 12 07:19:35.000
Time line window length : 5.62 hour(s), ticked every 1.0 hour(s)
  antenna WGS 84 (xyz)   : -2207897.4701 5933738.7043 -770364.8307 (m)
  antenna WGS 84 (geo)   : 8 6 deg 59' 1.69" E 110 deg 24' 35.42"
  antenna WGS 84 (geo)   : -6.983803 deg 110.409838 deg
  WGS 84 height         : 70.2569 m
!qc - header! position : 49.8658 m
Observation interval    : 5.0000 seconds
Total satellites w/ obs : 14
NAUSTAR GPS SVs w/o OBS : 1 2 4 5 6 7 8 9 10 11 13 15
                          17 20 23 26 28 30
NAUSTAR GPS SVs w/o NAU :
Rx tracking capability  : 12 SVs
Poss. # of obs epochs  : 4046
Epochs w/ observations : 4046
Epochs repeated        : 0 (0.00%)
Possible obs > 0.0 deg : 39170
Possible obs > 10.0 deg: 33575
Complete obs > 10.0 deg: 28922
  Deleted obs > 10.0 deg: 18
  Masked obs < 10.0 deg: 4635
Obs w/ SV duplication  : 0 (within non-repeated epochs)
Moving average MP1     : 0.341180 m
Moving average MP2     : 0.323970 m
Points in MP moving avg : 50
Mean S1 S2            : 7.20 (sd=0.62 n=28940) 5.29 (sd=0.85 n=28922)
No. of Rx clock offsets : 0
Total Rx clock drift   : 0.000000 ms
Rate of Rx clock drift : 0.000 ms/hr
Avg time between resets : Inf minute(s)
Freq no. and timecode  : 2 12515 0000fe
Report gap > than      : 10.00 minute(s)
epochs w/ msec clk slip : 0
other msec mp events   : 0 (<: 17) (expect ~= 1:50)
IOD signifying a slip  : >400.0 cm/minute
IOD slips < 10.0 deg* : 0
IOD slips > 10.0 deg  : 3
IOD or MP slips < 10.0*: 0
IOD or MP slips > 10.0 : 3
* or unknown elevation
  first epoch last epoch hrs dt #expt #have % mp1 mp2 o/slps
SUM 14 4 12 01:42 14 4 12 07:19 5.619 5 33575 28922 86 0.34 0.32 9641

E:\RINEX Gb>teqc +qc log0103b.140

```

Gambar I.1. Hasil TEQC data observasi log0102b.14o

Dari Gambar IV.1. dapat diketahui data rinex log0102b.14o pada DOY 102 memiliki nilai *moving average* MP1 adalah 0,341180 m dan MP2 adalah 0,323970 m.

Hasil pengecekan data pengukuran Bendungan Jatibarang dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel I.1. Hasil uji kualitas data periode Maret 2014

Titik (DOY)	<i>Moving average</i>	
	MP 1 (meter)	MP 2 (meter)
M11 (78)	0,210586	0,202971
M09 (78)	0,271701	0,281336
M12 (78)	0,252867	0,241731
M07 (79)	0,238588	0,215484
M08 (79)	0,220607	0,203314
M10 (79)	0,252341	0,223254
Rata-rata	0,241115	0,228015

Pada Tabel IV.1. di atas terlihat bahwa nilai *moving average* MP1 memiliki nilai rata-rata sebesar 0,241115 m dan *moving average* MP2 memiliki nilai rata-rata sebesar 0,228015 m.

Tabel I.2. Hasil uji kualitas data periode April 2014

Titik (DOY)	<i>Moving average</i>	
	MP 1 (meter)	MP 2 (meter)
M12 (102)	0,013221	0,028216
M09 (102)	0,020718	0,032399
M11 (103)	0,016776	0,032051
M08 (103)	0,018584	0,036456
M10 (104)	0,020509	0,042358
M07 (104)	0,012569	0,022067
Rata-rata	0,017063	0,032258

Pada Tabel IV.2. di atas terlihat bahwa nilai *moving average* MP1 memiliki nilai rata-rata sebesar 0,017063 m dan *moving average* MP2 memiliki nilai rata-rata sebesar 0,032258 m.

Tabel I.3. Hasil uji kualitas data periode Mei 2014

Titik (DOY)	<i>Moving average</i>	
	MP 1 (meter)	MP 2 (meter)
M09 (126)	0,017416	0,031425
M11 (126)	0,014851	0,025256
M12 (126)	0,352054	0,364391
M07 (127)	0,017883	0,037333
M08 (127)	0,020798	0,033439
M10 (127)	0,012569	0,022067
Rata-rata	0,018539	0,029729

Pada Tabel IV.3. di atas terlihat bahwa nilai *moving average* MP1 memiliki nilai rata-rata sebesar 0,018539 m dan *moving average* MP2 memiliki nilai rata-rata sebesar 0,029729 m.

Dari hasil pengecekan kualitas data pada semua periode pengukuran menunjukkan bahwa MP1 dan MP2 dari data pengamatan GPS memiliki nilai kurang dari 0,5 m, sehingga dapat digunakan untuk pengolahan selanjutnya.

4.2. Hasil Pengolahan GAMIT

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*. Semua file tersebut berada dalam *folder DOY*. Proses pengolahan dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *project* per-DOY.

Dimana *h-files* merupakan file yang memuat nilai *adjustment* dan matriks varian-kovarian yang digunakan sebagai input dalam pengolahan GLOBK. *H-files* hasil pengolahan GAMIT dihasilkan dalam masing-masing DOY dengan format file *h<nama_project>a.<doy>*, misalnya *hbn11a.102*.

Dalam *q-files* memuat hasil analisis program *solve* yang berisi hasil evaluasi dari pengolahan data. Q-files memiliki format *q<nama_project>a.<doy>*, misalnya *qbn11a.102*. File ini untuk mengetahui nilai *fract*. *Fract* adalah nilai dari *adjust* per nilai formal. *Adjust* adalah koreksi koordinat pada saat hitungan perataan. Nilai *fract* dapat digunakan untuk mengindikasikan apakah terdapat nilai *adjust* yang janggal dan perlu tidaknya diberikan iterasi untuk mendapatkan nilai *adjust* yang bebas dari efek *non-linier*. Nilai *formal* menunjukkan ketidakpastian pada pemberian data bobot untuk perhitungan kuadrat terkecil. Untuk dapat diterima dan dilakukan proses perhitungan menggunakan GLOBK, nilai *fract* harus kurang dari 10. Jika nilai *fract* lebih dari 10, hal tersebut mengindikasikan bahwa terdapat kesalahan kasar dan sistematik pada pengolahan tersebut (Panuntun, 2012).

Untuk mengetahui informasi pengolahan GAMIT dapat diketahui dari *summary file*. *Summary file* ini terdapat dalam folder DOY pengamatan dengan format file *sh_gamit_<doy>.summary*, misalnya *sh_gamit_102.summary*. Informasi yang diperoleh dari *summary file* diantaranya adalah *number of station used* yang berisi banyaknya stasiun GPS yang dilakukan pengolahan. Pengecekan dilakukan dengan memastikan jumlah stasiun GPS hasil pengolahan sama dengan jumlah stasiun pada awal *input* data. Bila jumlah stasiunnya lebih sedikit dari data yang diolah berarti terdapat kesalahan pada RINEX yang digunakan dalam pengolahan. Informasi lain yang didapatkan adalah nilai *postfit nrms*. *Postfit nrms* adalah nilai perbandingan antara nilai akar kuadrat *chi-square* dan nilai *degree of freedom*. Standar kualitas nilai *postfit nrms* adalah berkisar $\pm 0,25$. Apabila nilai *postfit nrms* yang lebih dari 0,5 menandakan bahwa masih ada data yang mengandung *cycle slips* yang belum dihilangkan atau berkaitan dengan parameter bias ekstra ataupun bisa juga karena terdapat kesalahan dalam melakukan pemodelan. Nilai *postfit* tidak memiliki satuan.

```

Earth orientation data
EOP time : 2014  4 12 11  59  45.000
UT1(sec) & rate(sec/day) :      -35.219772  -0.001419
X pole(asec) & rate(asec/day) :    0.054584  0.000772
Y pole(asec) & rate(asec/day) :    0.430632  0.000335
Delta-psi(asec) & rate(asec/day) :   7.680345  0.000000
Delta-eps(asec) & rate(asec/day) :  -7.620704  0.000000
Total parameters: 68  live parameters: 54
Prefit nrms: 0.80575E+00  Postfit nrms: 0.21358E+00

```

label (units)	a priori	adjustment
1*BAKO GEOD LAT rad	-0.1125383042549105	0.2580950861373706D-07
2*BAKO GEOD LONG rad	1.8648653289677308	-0.2882455886705531D-07
3*BAKO RADIUS km	6378.0240923185219799	-0.2018340764624299D-02
4*BN12 GEOD LAT rad	-0.1219897014191093	0.2076281145956376D-07
5*BN12 GEOD LONG rad	1.9259898567755127	-0.4195204564138106D-08
6*BN12 RADIUS km	6378.0027677215184667	-0.2026983414299077D-02
7*BAKO ATMZEN m	2.4303677606735743	0.1386640481226649D+00
8*BN12 ATMZEN m	2.4254249454760282	0.1529556979968443D+00

```

Covariance matrix:
1. 0.1132276412640593D-13
2. 0.5880375031215642D-14 0.5291090079182183D-13
3. 0.1096575654706510D-10 0.9842446309118988D-10 0.7201453824466570D-05
4. 0.1137069649195755D-13 0.6435231749136080D-14 0.2568821468282093D-10 0.1145209476282544D-13
5. 0.5733856835113696D-14 0.5162279994406374D-13 0.1023775505079528D-10 0.6108083366770142D-14 0.51425318649959312D-13
6. 0.1188805882988161D-10 0.1183379091642409D-09 0.7199183357558531D-05 0.2674431050447195D-10 0.3014646723385477D-10
7. 0.7205646668347879D-05
8. -0.8258377944063406D-09 -0.6368295871888733D-09 0.1077156692192377D-03 -0.6146632821212011D-09 -0.1972885369417043D-08
0.1070759723616356D-03 0.7017748450641424D-02
9. -0.3899253013096527D-09 -0.1993695606575421D-09 0.1140022658722855D-03 -0.1664747736595200D-09 -0.1607642353031820D-08
0.1131021757386911D-03 0.5943373118303552D-02 0.7243591565738018D-02

```

Gambar I.2. Contoh tampilan h-files

Label (units)	a priori	Adjust (m)	Formal	Fract	Postfit
1*BAKO GEOD LAT dms	S06:26:52.69152	0.0022	0.0499	0.0	S06:26:52.69145
2*BAKO GEOD LONG dms	E106:50:56.08576	-0.0010	0.0500	-0.0	E106:50:56.08573
3*BAKO RADIUS km	6378.0240923121	-0.0003	0.0500	-0.0	6378.02409201
4*BN10 GEOD LAT dms	S06:59:21.01569	-0.0115	0.0505	-0.2	S06:59:21.01606
5*BN10 GEOD LONG dms	E110:21:01.23984	-0.0357	0.0555	-0.6	E110:21:01.23868
6*BN10 RADIUS km	6378.0022996584	0.0807	0.0610	1.3	6378.00238037
7*BAKO ATMZEN m	2.4305599047	0.1507	0.0738	2.0	2.58129484
8*BN10 ATMZEN m	2.4258011080	0.1224	0.0755	1.6	2.54820639
9*BAKO ATMZEN m 1 1	0.0000000000	-0.0136	0.0475	-0.3	-0.01358306
10*BAKO ATMZEN m 2 1	0.0000000000	-0.0138	0.0405	-0.3	-0.01380461
11*BAKO ATMZEN m 3 1	0.0000000000	-0.0091	0.0364	-0.2	-0.00907428
12*BAKO ATMZEN m 4 1	0.0000000000	-0.0062	0.0342	-0.2	-0.00619437
13*BAKO ATMZEN m 5 1	0.0000000000	0.0061	0.0318	0.2	0.00610964
14*BAKO ATMZEN m 6 1	0.0000000000	0.0058	0.0291	0.2	0.00578166
15*BAKO ATMZEN m 7 1	0.0000000000	0.0053	0.0283	0.2	0.00532539
16*BAKO ATMZEN m 8 1	0.0000000000	0.0049	0.0293	0.2	0.00492411
17*BAKO ATMZEN m 9 1	0.0000000000	0.0046	0.0321	0.1	0.00457764
18*BAKO ATMZEN m 10 1	0.0000000000	0.0043	0.0362	0.1	0.00428586
19*BAKO ATMZEN m 11 1	0.0000000000	0.0040	0.0412	0.1	0.00404864
20*BAKO ATMZEN m 12 1	0.0000000000	0.0039	0.0469	0.1	0.00386589
21*BAKO ATMZEN m 13 1	0.0000000000	0.0037	0.0528	0.1	0.00373754

Gambar I.3. Contoh tampilan q-files

```

Input options -d 2014 078 -expt b078 -pres ELEV -orbit IGSF -copt x k p -dopta c aq -met -ion

Processing 2014 078 GPS week 1784 3 Using node: aliamirrudin-Aspire-4535 Started at: 14_05_20_20:35:05

Processing directory: /home/aliamirrudin/Projects/bako/b078/078
Disk Usage: 16402.1 Free 55569.5 Mbyte. Used 23%

Number of stations used 3 Total xfiles 3

Postfit RMS rms, total and by satellite
RMS IT Site All 01 02 03 04 05 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
RMS 16 ALL 7.7 0 86 0 0 0 0 0 0 0 0 0 62 0 80 74 0 0 64 0
Best and Worst two sites:
RMS 16 BN09 5.2 0 6 0 0 0 0 0 0 0 0 4 0 6 5 0 0 4 0
RMS 16 BN12 5.4 0 7 0 0 0 0 0 0 0 0 4 0 7 5 0 0 4 0
RMS 16 ALL 7.7 0 86 0 0 0 0 0 0 0 0 62 0 80 74 0 0 64 0
RMS 16 BAKO 11.0 0 12 0 0 0 0 0 0 0 0 9 0 11 10 0 0 9 0

Double difference statistics
Prefit rms: 0.45086E+00 Postfit rms: 0.20204E+00
Prefit rms: 0.44882E+00 Postfit rms: 0.20741E+00
Prefit rms: 0.45086E+00 Postfit rms: 0.20020E+00
Prefit rms: 0.44882E+00 Postfit rms: 0.20571E+00
Number of double differences: 1177

Phase ambiguities (Total WL-fixed NL-fixed): 20 16 10 AUTCLN (Total Expected) 20 20
Phase ambiguities WL fixed 80.0% NL fixed 50.0%

List of sites updated in the tables lfile, based on adjustments to coordinates > .3 m in the Prefit Solution
BN09 GEOD LAT 2.3963
BN12 GEOD LAT 2.3304
BN09 GEOD LONG 0.4142

```

Gambar I.4. Contoh tampilan summary file

4.3. Hasil Pengolahan GLOBK

Proses pengolahan terakhir dalam penelitian ini adalah proses pengolahan GLOBK. Hasil dari pengolahan GLOBK pada DOY 78, 79, 102, 103, 104, 126 dan 127 adalah nilai koordinat beserta simpangan bakunya. Nilai koordinat yang diperoleh berupa koordinat kartesian 3D (X, Y, Z), koordinat kartesian ditransformasi ke koordinat geodetis (Lintang, Bujur, Tinggi). Dari hasil koordinat setiap periode pengukuran, maka akan didapatkan nilai deformasi yang terjadi pada masing-masing titik.

Tabel I.4. 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 I.5 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 I.6. 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 I.7. 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 I.8. 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 I.9. Koordinat Geodetis Titik Bendungan Periode Mei 2014

Nama Titik	Koordinat		
	Lintang	Bujur	Tinggi (m)
M07	7° 2' 9,1621728" S	110° 21' 1,1191724" E	183,917737
M08	7° 2' 9,7378146" S	110° 21' 2,4496053" E	183,681240
M09	7° 2' 10,331553" S	110° 21' 3,8089236" E	184,039429
M10	7° 2' 8,8903775" S	110° 21' 1,2409449" E	183,497858
M11	7° 2' 9,4770701" S	110° 21' 2,5860257" E	184,424523
M12	7° 2' 10,0634941 S	110° 21' 3,9246084" E	184,036360

4.4. 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, 2008)

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

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

$$\begin{pmatrix} \Delta_X \\ \Delta_Y \\ \Delta_Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_A - X_0 \\ Y_A - Y_0 \\ Z_A - Z_0 \end{pmatrix} \quad (IV.3)$$

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 2014 dan periode Mei 2014 pada tabel di bawah ini. Nilai koordinat toposentrik tersebut merupakan nilai perubahan koordinat yang meliputi ΔX , ΔY dan ΔZ .

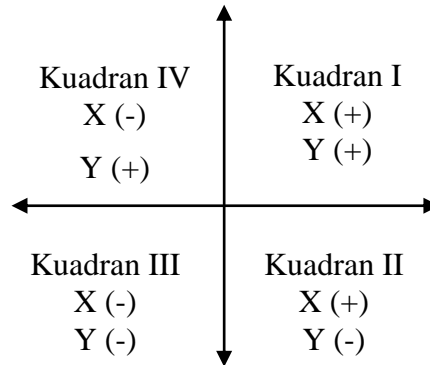
Tabel I.10. Koordinat Toposentrik Titik Bendungan Periode April 2014

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 I.11. 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

Dari nilai koordinat toposentrik tersebut, koordinat hasil transformasi dapat bernilai plus (+) dan minus (-) yang merupakan arah pergeseran yang terjadi pada titik. Pergeseran titik dapat digambarkan dalam 4 kuadran seperti pada gambar.



Gambar 1.5. Kuadran arah dan kecepatan pergeseran titik

4.5. 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:

$$\delta d_{ij} = (dE_{ij}^2 + dN_{ij}^2)^{0.5} \quad (IV.4)$$

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

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

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

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

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

Statistik yang digunakan untuk uji pergeseran titik adalah:

$$T = \delta d_{ij} / \sigma (\delta d_{ij}) \quad (IV.6)$$

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

$$T > t_{df, \alpha/2} \quad (IV.7)$$

Keterangan:

δd_{ij} = pergeseran titik pengamatan

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

T = besaran yang menunjukkan signifikansi 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 I.12. Hasil Uji Statistik Pergeseran Titik Periode April 2014

Nama Titik	δd_{ij}	$\sigma (\delta d_{ij})$	T Hitungan	T Tabel	H₀	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 I.13. Hasil Uji Statistik Pergeseran Titik Periode Mei 2014

Nama Titik	δd_{ik}	$\sigma(\delta d_{ik})$	T Hitungan	T Tabel	H₀	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 IV.12 dan tabel IV.13 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, tetapi titik mengalami pergeseran secara numeris. Pergeseran pada titik-titik pantau tersebut bukanlah suatu pergeseran yang signifikan. Jadi, secara statistik titik-titik pantau tidak mengalami pergeseran.

