

ANALISIS DEFORMASI BENDUNGAN JATIGEDE MENGGUNAKAN DATA RTS (*ROBOTIC TOTAL STATION*)

Anggi Septian Maulana¹, Ir. Achmad Ruchlihadiana T., M.M.²

¹Mahasiswa Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti, Bandung

²Dosen pembimbing 1 Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti, Bandung

ABSTRACT

Dams are one of the multifunctional means that have an important role for human life. One example is Jatigede Dam located in Sumedang Regency. In addition to having many benefits, dams also have a risk of damage and collapse that can be caused by dam water pressure or other factors usually characterized by dam deformation, so it is necessary to monitor deformation periodically. The deformation monitoring method carried out in this study is the terrestrial method by measuring 20 sequentially and continuous monitoring points for 8 weeks with an interval of reading time per 4 hours once using the RTS (Robotic Total Station) tool. This study has the aim of knowing the horizontal and vertical shift values of the monitoring point, which is then analyzed with statistical tests. The results of this study showed the monitoring point shifted with coordinate changes of -0,8 mm to 6,9 mm for the X-axis, 1,5 mm to -3 mm for the Y-axis, and -9,8 mm to 16,7 mm for the Z-axis. Or an average of 4,6 mm for horizontal movement, and 2,5 mm for vertical movement. However, based on statistical test results with a 95% confidence level shows deformation only occurs for high changes and does not occur horizontally.

Keywords : *Jatigede, Deformation, RTS (Robotic Total Station)*

ABSTRAK

Bendungan merupakan salah satu sarana multifungsi yang memiliki peranan penting bagi kehidupan manusia. Adapun salah satu contohnya ialah Bendungan Jatigede yang terletak di Kabupaten Sumedang. Selain memiliki banyak manfaat, bendungan juga memiliki resiko kerusakan serta keruntuhan yang bisa diakibatkan tekanan air bendungan ataupun faktor lainnya yang biasanya ditandai dengan adanya deformasi bendungan, sehingga perlu dilakukan pemantauan deformasi secara berkala. Metode pemantauan deformasi yang dilakukan dalam penelitian ini ialah metode terestris dengan mengukur 20 titik pantau secara berurutan dan kontinyu selama 8 minggu dengan selang waktu bacaan per 4 jam sekali menggunakan alat RTS (*Robotic Total Station*). Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui nilai pergeseran horisontal dan vertikal titik pantau, yang kemudian dianalisis dengan uji statistik. Hasil dari penelitian ini menunjukkan titik pantau mengalami pergeseran dengan perubahan koordinat sebesar -0,8 mm sampai 6,9 mm untuk sumbu X, 1,5 mm sampai -3 mm untuk sumbu Y, serta -9,8 mm sampai 16,7 mm untuk sumbu Z. Atau rata-rata sebesar 4,6 mm untuk pergerakan secara horisontal, dan 2,5 mm untuk perubahan tinggi. Namun berdasarkan hasil uji statistik dengan tingkat kepercayaan 95% menunjukkan deformasi hanya terjadi untuk perubahan tinggi dan tidak terjadi deformasi secara horisontal.

Kata kunci : *Jatigede, Deformasi, RTS (Robotic Total Station)*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Bendungan merupakan salah satu sarana multifungsi yang memiliki peranan penting bagi kehidupan manusia. Adapun salah satu bendungan multifungsi yang juga merupakan terbesar di Asia Tenggara yaitu Bendungan Jatigede yang terletak di Kabupaten Sumedang, tepatnya sekitar 15 km dari jalan arteri Cirebon-Sumedang dan berjarak 75 km dari Kota Cirebon. Pembangunan Bendungan Jatigede dilaksanakan dalam rangka memantapkan ketahanan pangan nasional, pemenuhan kebutuhan air baku air minum & industri, pemenuhan kebutuhan listrik (PLTA) dan pengamanan jalur pantura (jalur ekonomi nasional) dari bahaya banjir.

Bendungan Jatigede dibangun di Sungai Cimanuk, dengan tipe bendungan urugan batu inti tegak, tinggi tubuh bendungan maksimum 110 m dan panjangnya 1.715 m, volume timbunan 6,7 juta m³, tampungan air bruto 979 juta m³, melayani areal irigasi seluas 90.000 Ha dengan intensitas tanam 277 %, produksi air baku 3500 l/det, peningkatan produksi listrik Parakan Kondang dari 51 GWh menjadi 580,12 GWh per tahun. Bangunan utama meliputi tubuh bendungan, terowongan pengelak (*diversion tunnel*), pelimpah (*spillway*), *irrigation outlet* yang diperlengkapi dengan pintu serta bangunan lainnya seperti *grouting gallery* dan *power waterway*.

Bendungan mempunyai resiko yang tinggi karena mengandung potensi bahaya keruntuhan yang dapat mengakibatkan kehilangan jiwa dan kerugian materi yang besar. Seperti diketahui bahwa tubuh bendungan akan mengalami tekanan dari efek *loading* air bendungan, akibat gaya tekanan ini maka tubuh bendungan kemungkinan akan dapat mengalami deformasi. Bangunan yang mendapatkan tekanan secara terus menerus akan mengalami perubahan dimensi atau bentuk dan posisi. Gaya-gaya yang bekerja pada tubuh bendungan adalah gaya berat (berat

dari bendungan dan air), gaya tekanan ke atas, gaya hidrostatik, gaya hidrodinamik, gaya gempa, dan gaya tekan lumpur. Gaya-gaya ini dirambatkan ke fondasi dan tumpuan bendungan, yang bereaksi terhadap bendungan dengan gaya sama besar dan berlawanan yaitu reaksi fondasi. Dengan tekanan yang diterima oleh tubuh bendungan secara terus-menerus menyebabkan terjadinya deformasi (Sidharta, 1997).

Adapun masa operasi awal waduk yaitu tahun 2015-2016 merupakan fase kritis yang memerlukan pemantauan detail. Pada fase ini beban eksternal yang diakibatkan curah hujan dan debit air ke bendungan menyebabkan dinamika tekanan pori antara di hulu dan hilir bendungan yang dapat mempengaruhi stabilitas bendungan. Setelah sekitar 5 tahun awal bendungan beroperasi, maka pada tahun 2020 ini dilaksanakan pemantauan deformasi Bendungan Jatigede dengan menggunakan RTS (*Robotic Total Station*) dalam rangka pemantauan rutin tahunan guna pemeliharaan Bendungan Jatigede. Dengan adanya data pemantauan tahun 2020 ini, maka bisa dilakukan analisis kondisi deformasi bendungan terbaru serta karakter deformasi dalam kurun waktu pemantauan yang dilakukan guna untuk mengetahui dinamika pergerakan serta stabilitas bendungan yang kemudian bisa jadi acuan untuk pemeliharaan dan tindakan dini dalam mencegah kerusakan yang lebih besar yang juga berpengaruh pada umur bendungan.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian tugas akhir ini dilakukan di area Bendungan Jatigede Kabupaten Sumedang.



Gambar 1. Lokasi dan sebaran titik pantau deformasi Bendungan Jatigede

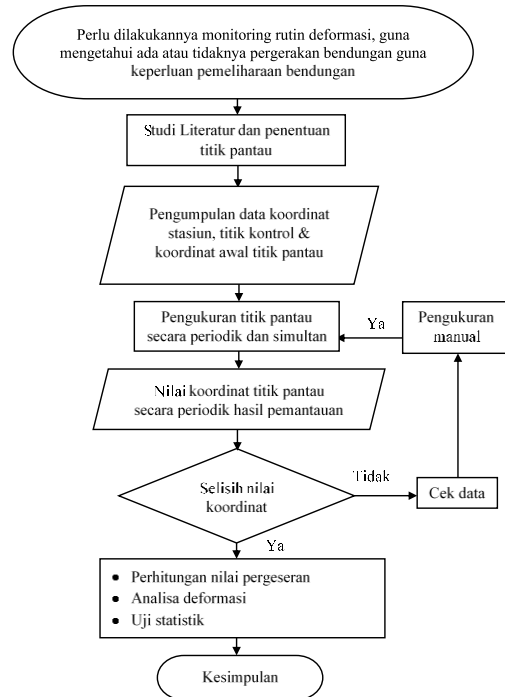
Tabel 1. Sebaran titik pantau di area Bendungan Jatigede

AREA PEMANTAUAN	NAMA TITIK
Stasiun Pemantauan	CP-6
Dam Crest Barat	TP2N
	TP1N
	SMP7N
	SMP6N
	SMP4N
	SMP2N
Spill Way	GL9N
	GL8N
	GL6N
	GL5N
	GL4N
	GL2N
	GL11N
	GL10N
	TP3N
	MTS3N
	MTS2N
Dam Crest Timur	MTS4N
	MTR46N
	MTR45N

Titik – titik pantau pada lokasi berjumlah 20 titik, yang tersebar di area *Dam Crest Barat*, *Dam Crest Timur* dan juga *Spill way*.

Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran yang dilaksanakan dalam kegiatan ini dapat dilihat dari diagram di bawah ini :



Gambar 2. Diagram alir kerangka penelitian

Analisa Deformasi

Pada dasarnya analisa deformasi dilakukan dengan cara memperhatikan perubahan nilai koordinat suatu titik pantau (Δx , Δy , Δz) dari waktu ke waktu berdasarkan data pengamatan periodik RTS (*Robotic Total Station*).

Untuk proses analisisnya sendiri dilakukan dengan menghitung rata-rata perubahan koordinat perminggu. Adapun hasil dari analisa awal tersebut ialah berupa nilai selisih koordinat x (Δx), selisih koordinat y (Δy) dan selisih tinggi (Δz), atau biasa dikenal dengan *horizontal displacement*, *vertical displacement*, yang kemudian divisualisasikan dalam bentuk diagram.

Untuk menguji hasil dari analisis awal, maka dilakukanlah uji statistik. Uji statistik ini dilakukan untuk menguji nilai

pergeseran dengan memperhitungkan nilai-nilai serta parameter-parameter yang ada. Tujuannya ialah untuk mengetahui titik-titik yang mengalami pergeseran dengan membandingkan resultan pergeseran horisontal titik-titik pengamatan dengan standar deviasi resultan pergeseran horisontalnya, begitupun dengan uji statistik perubahan tingginya

Uji statistik dilakukan dengan cara menguji variabel titik (δd_{a1}) dari pemantauan a ke pemantauan 1 dengan persamaan berikut:

$$\delta d_{a1} = (\sigma dE_{a1}^2 + \sigma dN_{a1}^2)^{1/2} \dots \dots \dots (1)$$

Standar deviasi dihitung dengan persamaan rumus:

$$\sigma(\delta d_{a1}) = (\sigma dE_{a1}^2 + \sigma dN_{a1}^2)^{1/2} \dots \dots \dots (2)$$

Hipotesa nol yang digunakan pada uji statistik ini adalah titik tidak bergeser dalam selang dari sesi a ke sesi 1, sehingga:

Hipotesis nol $H_0 : \delta d_{a1} = 0$,

Hipotesis alternatif $H_a : \delta d_{a1} \neq 0$,

Statistik yang digunakan untuk uji pergeseran titik adalah:

$$T = \delta d_{a1} / \sigma(\delta d_{a1}) \dots \dots \dots (3)$$

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

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

Keterangan :

δd_{a1} : pergeseran titik pengamatan

$\sigma(\delta d_{a1})$: standar deviasi

T : besaran yang menunjukkan signifikansi pergeseran

df : derajat kebebasan

α : level signifikan yang digunakan untuk uji statistik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penghitungan Deformasi Mingguan

Nilai deformasi dihitung perminggu untuk kemudian dilakukan analisis lebih lanjut guna mengetahui tren perubahan koordinat dan tinggi dalam selang waktu minggu pertama, minggu kedua dan seterusnya. Adapun proses tersebut ialah

dengan menghitung Δx , Δy , Δz dari masing-masing bacaan per titik pengamatan dengan nilai awal yang dijadikan nilai acuan yang kemudian hasilnya dirata-ratakan

Berikut daftar koordinat yang dijadikan acuan, yaitu :

Tabel 2. Daftar koordinat awal titik pantau

Point Id	Easting (m)	Northing (m)	Elevation (m)
GL10N	179111.54	9241344.888	219.034
GL11N	179113.256	9241404.889	216.417
GL2N	179047.492	9241223.309	236.321
GL4N	179059.625	9241288.535	223.728
GL5N	179069.096	9241348.027	219.047
GL6N	179076.363	9241407.632	216.47
GL8N	179114.243	9241218.287	236.324
GL9N	179111.822	9241284.609	223.787
MTR45N	179189.825	9241150.777	261.681
MTR46N	179275.699	9241118.698	260.666
MTS2N	179036.358	9241166.552	265.19
MTS3N	179039.227	9241188.184	260.013
MTS4N	179117.125	9241182.311	259.972
SMP2N	178770.794	9241239.17	236.347
SMP4N	178876.546	9241233.262	235.669
SMP6N	178976.207	9241225.778	235.936
SMP7N	179025.594	9241222.1	236.148
TP1N	178804.09	9241183.653	263.519
TP2N	178900.624	9241175.762	263.794
TP3N	179029.111	9241166.73	263.097

Tabel 3. Perubahan koordinat x (Δx) mingguan

Titik	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4	Minggu 5	Minggu 6	Minggu 7	Minggu 8
GL10N	-0.0003	-0.0017	-0.0012	-0.0035	-0.0069	-0.0077	-0.0030	-0.0001
GL11N	-0.0007	-0.0020	-0.0017	-0.0039	-0.0061	-0.0068	-0.0023	0.0011
GL2N	0.0005	-0.0018	-0.0011	-0.0055	-0.0106	-0.0126	-0.0045	0.0008
GL4N	-0.0006	-0.0028	-0.0020	-0.0050	-0.0087	-0.0097	-0.0034	0.0017
GL5N	0.0018	-0.0002	0.0011	-0.0026	-0.0053	-0.0060	-0.0001	0.0026
GL6N	0.0013	0.0002	0.0009	-0.0010	-0.0036	-0.0045	-0.0004	0.0029
GL8N	-0.0013	-0.0031	-0.0015	-0.0047	-0.0102	-0.0109	-0.0033	0.0020
GL9N	-0.0011	-0.0031	-0.0023	-0.0052	-0.0085	-0.0099	-0.0044	-0.0001
MTR45N	-0.0012	-0.0034	-0.0022	-0.0056	-0.0109	-0.0130	-0.0042	0.0017
MTR46N	-0.0003	-0.0023	-0.0011	-0.0071	-0.0121	-0.0140	-0.0052	0.0016
MTS2N	0.0001	-0.0025	-0.0014	-0.0057	-0.0107	-0.0129	-0.0037	0.0021
MTS3N	0.0007	-0.0008	-0.0002	-0.0046	-0.0098	-0.0110	-0.0025	0.0027
MTS4N	-0.0018	-0.0035	-0.0022	-0.0070	-0.0133	-0.0145	-0.0053	0.0009
SMP2N	0.0004	-0.0014	-0.0008	-0.0041	-0.0086	-0.0102	-0.0027	0.0027
SMP4N	-0.0021	-0.0042	-0.0038	-0.0074	-0.0122	-0.0138	-0.0062	-0.0009
SMP6N	-0.0001	-0.0008	-0.0004	-0.0022	-0.0076	-0.0089	-0.0033	-0.0011
SMP7N	0.0001	-0.0021	-0.0010	-0.0048	-0.0101	-0.0113	-0.0050	-0.0003
TP1N	-0.0011	-0.0027	-0.0012	-0.0042	-0.0095	-0.0135	-0.0042	0.0001
TP2N	-0.0010	-0.0036	-0.0024	-0.0065	-0.0125	-0.0149	-0.0057	0.0008
TP3N	0.0008	-0.0013	-0.0006	-0.0045	-0.0110	-0.0122	-0.0039	0.0030

Dari hasil penghitungan pergeseran mingguan untuk sumbu-x, terjadi

pergeseran dengan rata-rata nilai pergeseran -3,9 mm, pergeseran tertinggi terjadi pada titik pantau TP2N untuk minggu ke-6 dengan nilai pergeseran -14,9 mm, dan pergeseran terendah terjadi pada beberapa titik pantau dengan nilai pergeseran 0,1 mm.

Tabel 4. Perubahan koordinat y (Δy) mingguan

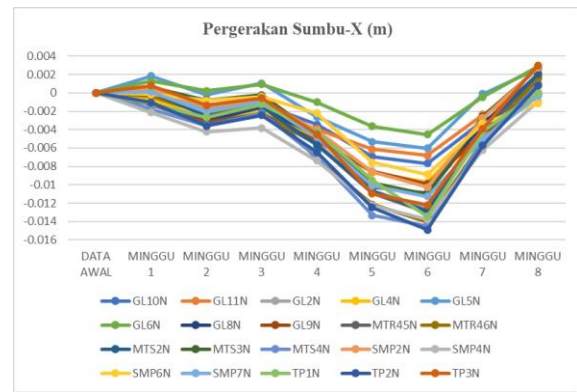
Point	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4	Minggu 5	Minggu 6	Minggu 7	Minggu 8
GL10N	-0,0002	-0,0009	-0,0007	-0,0020	-0,0045	-0,0054	-0,0021	0,0001
GL11N	0,0005	-0,0003	-0,0002	-0,0018	-0,0037	-0,0047	-0,0006	0,0022
GL2N	0,0011	0,0007	0,0009	-0,0005	-0,0023	-0,0034	-0,0003	0,0019
GL4N	0,0015	0,0007	0,0009	-0,0002	-0,0018	-0,0025	0,0005	0,0029
GL5N	0,0018	0,0007	0,0011	-0,0010	-0,0024	-0,0031	0,0003	0,0018
GL6N	0,0013	0,0006	0,0007	-0,0006	-0,0025	-0,0034	-0,0004	0,0018
GL8N	0,0007	-0,0004	0,0001	-0,0015	-0,0040	-0,0051	-0,0011	0,0018
GL9N	0,0010	-0,0002	0,0000	-0,0017	-0,0037	-0,0049	-0,0013	0,0012
MTR45N	0,0001	-0,0013	-0,0011	-0,0031	-0,0063	-0,0080	-0,0027	0,0013
MTR46N	0,0013	-0,0003	0,0001	-0,0040	-0,0076	-0,0095	-0,0030	0,0021
MTS2N	0,0018	0,0009	0,0009	-0,0003	-0,0017	-0,0027	0,0003	0,0023
MTS3N	0,0011	0,0006	0,0006	-0,0006	-0,0021	-0,0030	0,0001	0,0019
MTS4N	0,0010	0,0001	0,0003	-0,0019	-0,0050	-0,0058	-0,0013	0,0019
SMP2N	0,0008	0,0012	0,0009	0,0017	0,0028	0,0029	0,0011	-0,0002
SMP4N	0,0008	0,0008	0,0003	0,0003	0,0000	-0,0002	-0,0003	-0,0003
SMP6N	0,0004	0,0000	-0,0002	-0,0006	-0,0018	-0,0024	-0,0010	-0,0003
SMP7N	0,0011	0,0003	0,0005	-0,0007	-0,0023	-0,0029	-0,0009	0,0006
TP1N	0,0014	0,0012	0,0006	0,0009	0,0015	0,0016	0,0000	-0,0003
TP2N	0,0005	0,0001	-0,0006	-0,0010	-0,0016	-0,0024	-0,0021	-0,0017
TP3N	0,0017	0,0011	0,0010	-0,0002	-0,0020	-0,0029	-0,0003	0,0019

Adapun untuk hasil penghitungan pergeseran mingguan sumbu-y, terjadi pergeseran dengan nilai rata-rata 0,9 mm, dengan nilai pergeseran terbesar – 9,5 mm, dan terkecil 0,02 mm.

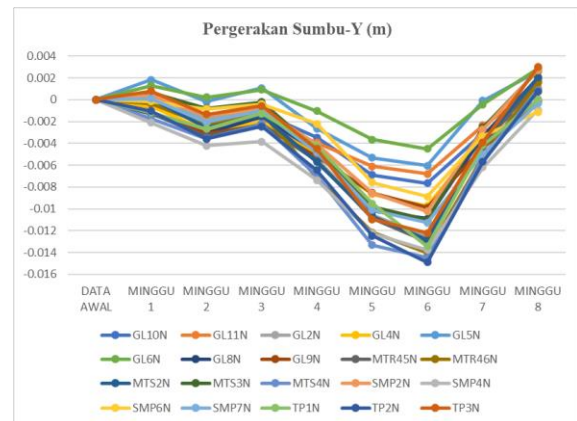
Tabel 5. Perubahan koordinat z (Δz) mingguan

Point	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4	Minggu 5	Minggu 6	Minggu 7	Minggu 8
GL10N	0,0081	0,0072	0,0081	0,0080	0,0078	0,0080	0,0073	0,0078
GL11N	0,0048	0,0050	0,0053	0,0058	0,0049	0,0048	0,0044	0,0054
GL2N	0,0084	0,0080	0,0085	0,0091	0,0082	0,0082	0,0080	0,0096
GL4N	-0,0067	-0,0063	-0,0063	-0,0053	-0,0064	-0,0065	-0,0059	-0,0047
GL5N	0,0008	0,0007	0,0010	0,0026	0,0016	0,0012	0,0011	0,0025
GL6N	0,0028	0,0021	0,0027	0,0036	0,0026	0,0026	0,0030	0,0042
GL8N	0,0006	0,0013	0,0007	0,0027	0,0012	0,0024	0,0028	0,0024
GL9N	-0,0069	-0,0068	-0,0064	-0,0053	-0,0054	-0,0047	-0,0066	-0,0064
MTR45N	0,0056	0,0059	0,0064	0,0071	0,0067	0,0055	0,0063	0,0060
MTR46N	0,0041	0,0052	0,0046	0,0068	0,0065	0,0046	0,0051	0,0057
MTS2N	0,0149	0,0152	0,0158	0,0191	0,0173	0,0174	0,0166	0,0178
MTS3N	-0,0109	-0,0106	-0,0104	-0,0088	-0,0093	-0,0091	-0,0100	-0,0098
MTS4N	0,0005	-0,0004	0,0000	0,0012	0,0007	0,0018	0,0014	0,0019
SMP2N	-0,0011	-0,0013	-0,0011	-0,0003	-0,0010	-0,0011	-0,0009	-0,0011
SMP4N	-0,0043	-0,0043	-0,0041	-0,0035	-0,0045	-0,0047	-0,0044	-0,0042
SMP6N	0,0034	0,0039	0,0040	0,0050	0,0043	0,0047	0,0046	0,0054
SMP7N	0,0053	0,0050	0,0053	0,0059	0,0058	0,0047	0,0055	0,0070
TP1N	0,0058	0,0057	0,0066	0,0075	0,0067	0,0067	0,0062	0,0057
TP2N	0,0047	0,0041	0,0030	0,0049	0,0035	0,0019	0,0016	0,0031
TP3N	0,0012	0,0009	0,0014	0,0030	0,0013	0,0006	0,0007	0,0010

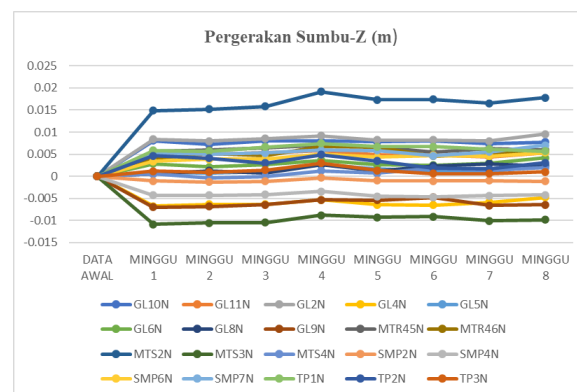
Sedangkan untuk sumbu-z terjadi pergeseran dengan rata-rata nilai pergeseran mingguan sebesar 2,2 mm, dengan nilai tertinggi sebesar 17,8 mm.



Gambar 3. Grafik Easting Displacement



Gambar 4. Grafik Northing Displacement



Gambar 5. Grafik Height Displacement

Berdasarkan grafik diatas, bisa diperhatikan keseluruhan titik memiliki pergerakan yang variatif tiap minggunya, terutama untuk minggu ke-5 dan ke-6

pergerakan cukup tinggi untuk sumbu-x dan sumbu-y, yang kemudian menurun kembali pada minggu berikutnya.

Hasil analisis uji statistik deformasi

Uji statistik pergeseran dan perubahan tinggi dilakukan perminggu guna mengetahui lebih banyak gejala serta tren perubahan yang muncul, dengan membandingkan t-hitungan dan t-tabel dengan selang kepercayaan 95% ($\alpha/2 = 2,5\%$) dan derajat kebebasan (df) tak terhingga. Pengujian dilakukan untuk melihat apakah hipotesis nol (H_0) diterima atau tidak, hipotesis nol (H_0) diterima apabila hasil perbandingan nilai t-hitungan lebih kecil dari t-tabel ($t_{df,\alpha/2}$), akan tetapi apabila hasil perbandingan t-hitungan lebih besar dari nilai t-tabel ($t_{df,\alpha/2}$) maka hipotesis nol (H_0) ditolak. Hipotesis nol (H_0) diterima menunjukkan parameter yang di uji tidak terjadi perubahan yang signifikan, dan apabila hipotesis nol (H_0) ditolak maka parameter yang di uji menunjukkan terjadi perubahan yang signifikan. Berikut hasil uji statistik pergeseran horisontal berdasarkan data pemantauan perminggu

Tabel 6. Hasil uji statistik pergeseran horisontal minggu ke-1

Titik	dH (m)	Std. dH (m)	T hitung	T tabel	H_0	Pergeseran
GL10N	0,00037	0,00235	0,15589	1,960	Diterima	Tidak
GL11N	0,00082	0,00265	0,30845	1,960	Diterima	Tidak
GL2N	0,00124	0,00302	0,41057	1,960	Diterima	Tidak
GL4N	0,00159	0,00294	0,53888	1,960	Diterima	Tidak
GL5N	0,00255	0,00231	1,10299	1,960	Diterima	Tidak
GL6N	0,00184	0,00249	0,73860	1,960	Diterima	Tidak
GL8N	0,00148	0,00347	0,42769	1,960	Diterima	Tidak
GL9N	0,00154	0,00269	0,57248	1,960	Diterima	Tidak
MTR45N	0,00124	0,00421	0,29383	1,960	Diterima	Tidak
MTR46N	0,00136	0,00500	0,27175	1,960	Diterima	Tidak
MTS2N	0,00178	0,00411	0,43213	1,960	Diterima	Tidak
MTS3N	0,00127	0,00439	0,28923	1,960	Diterima	Tidak
MTS4N	0,00205	0,00340	0,60239	1,960	Diterima	Tidak
SMP2N	0,00086	0,00298	0,28712	1,960	Diterima	Tidak
SMP4N	0,00225	0,00279	0,80578	1,960	Diterima	Tidak
SMP6N	0,00040	0,00285	0,13956	1,960	Diterima	Tidak
SMP7N	0,00109	0,00249	0,43898	1,960	Diterima	Tidak
TP1N	0,00179	0,00343	0,52017	1,960	Diterima	Tidak
TP2N	0,00115	0,00378	0,30426	1,960	Diterima	Tidak
TP3N	0,00189	0,00332	0,56982	1,960	Diterima	Tidak

Tabel 7. Hasil uji statistik pergeseran horisontal minggu ke-2

Titik	dH (m)	Std. dH (m)	T hitung	T tabel	H_0	Pergeseran
GL10N	0,00187	0,00308	0,60886	1,960	Diterima	Tidak
GL11N	0,00204	0,00306	0,66825	1,960	Diterima	Tidak
GL2N	0,00189	0,00415	0,45584	1,960	Diterima	Tidak
GL4N	0,00292	0,00354	0,82299	1,960	Diterima	Tidak
GL5N	0,00072	0,00333	0,21599	1,960	Diterima	Tidak
GL6N	0,00061	0,00293	0,20847	1,960	Diterima	Tidak
GL8N	0,00310	0,00420	0,73779	1,960	Diterima	Tidak
GL9N	0,00311	0,00354	0,87776	1,960	Diterima	Tidak
MTR45N	0,00361	0,00543	0,66466	1,960	Diterima	Tidak
MTR46N	0,00230	0,00629	0,36593	1,960	Diterima	Tidak
MTS2N	0,00270	0,00529	0,50969	1,960	Diterima	Tidak
MTS3N	0,00100	0,00526	0,19029	1,960	Diterima	Tidak
MTS4N	0,00355	0,00505	0,70316	1,960	Diterima	Tidak
SMP2N	0,00187	0,00418	0,44824	1,960	Diterima	Tidak
SMP4N	0,00428	0,00374	1,14389	1,960	Diterima	Tidak
SMP6N	0,00083	0,00323	0,25842	1,960	Diterima	Tidak
SMP7N	0,00209	0,00384	0,54489	1,960	Diterima	Tidak
TP1N	0,00294	0,00326	0,90060	1,960	Diterima	Tidak
TP2N	0,00357	0,00488	0,73154	1,960	Diterima	Tidak
TP3N	0,00171	0,00419	0,40814	1,960	Diterima	Tidak

Tabel 8. Hasil uji statistik pergeseran horisontal minggu ke-3

TITIK	dH (m)	Std. dH (m)	T hitung	T tabel	H_0	Pergeseran
GL10N	0,00140	0,00231	0,60572	1,960	Diterima	Tidak
GL11N	0,00172	0,00277	0,62223	1,960	Diterima	Tidak
GL2N	0,00137	0,00337	0,40702	1,960	Diterima	Tidak
GL4N	0,00222	0,00307	0,72247	1,960	Diterima	Tidak
GL5N	0,00151	0,00220	0,68514	1,960	Diterima	Tidak
GL6N	0,00117	0,00265	0,44252	1,960	Diterima	Tidak
GL8N	0,00153	0,00301	0,50819	1,960	Diterima	Tidak
GL9N	0,00231	0,00239	0,96688	1,960	Diterima	Tidak
MTR45N	0,00250	0,00353	0,70707	1,960	Diterima	Tidak
MTR46N	0,00115	0,00596	0,19309	1,960	Diterima	Tidak
MTS2N	0,00167	0,00474	0,35266	1,960	Diterima	Tidak
MTS3N	0,00060	0,00368	0,16366	1,960	Diterima	Tidak
MTS4N	0,00224	0,00433	0,51834	1,960	Diterima	Tidak
SMP2N	0,00119	0,00360	0,33104	1,960	Diterima	Tidak
SMP4N	0,00384	0,00354	1,08533	1,960	Diterima	Tidak
SMP6N	0,00046	0,00267	0,17229	1,960	Diterima	Tidak
SMP7N	0,00108	0,00290	0,37220	1,960	Diterima	Tidak
TP1N	0,00139	0,00298	0,46551	1,960	Diterima	Tidak
TP2N	0,00252	0,00365	0,69051	1,960	Diterima	Tidak
TP3N	0,00115	0,00377	0,30401	1,960	Diterima	Tidak

Tabel 9. Hasil uji statistik pergeseran horisontal minggu ke-4

Titik	dH (m)	Std. dH (m)	T hitung	T tabel	H_0	Pergeseran
GL10N	0,00400	0,00321	1,24533	1,960	Diterima	Tidak
GL11N	0,00432	0,00348	1,24089	1,960	Diterima	Tidak
GL2N	0,00550	0,00469	1,17354	1,960	Diterima	Tidak
GL4N	0,00500	0,00337	1,48660	1,960	Diterima	Tidak
GL5N	0,00281	0,00328	0,85610	1,960	Diterima	Tidak
GL6N	0,00121	0,00301	0,40101	1,960	Diterima	Tidak
GL8N	0,00493	0,00461	1,07027	1,960	Diterima	Tidak
GL9N	0,00547	0,00362	1,51344	1,960	Diterima	Tidak
MTR45N	0,00640	0,00553	1,15691	1,960	Diterima	Tidak
MTR46N	0,00816	0,00666	1,22626	1,960	Diterima	Tidak
MTS2N	0,00570	0,00586	0,97250	1,960	Diterima	Tidak
MTS3N	0,00462	0,00482	0,95720	1,960	Diterima	Tidak
MTS4N	0,00720	0,00558	1,29120	1,960	Diterima	Tidak
SMP2N	0,00442	0,00424	1,04287	1,960	Diterima	Tidak
SMP4N	0,00739	0,00436	1,69297	1,960	Diterima	Tidak
SMP6N	0,00228	0,00359	0,63607	1,960	Diterima	Tidak
SMP7N	0,00488	0,00418	1,16823	1,960	Diterima	Tidak
TP1N	0,00432	0,00429	1,00777	1,960	Diterima	Tidak
TP2N	0,00653	0,00501	1,30238	1,960	Diterima	Tidak
TP3N	0,00450	0,00497	0,90614	1,960	Diterima	Tidak

Tabel 10. Hasil uji statistik pergeseran horizontal minggu ke-5

Titik	dH (m)	Std. dH (m)	T hitung	T tabel	H ₀	Pergeseran
GL10N	0,00823	0,00300	2,73885	1,960	Ditolak	Ya
GL11N	0,00717	0,00300	2,39171	1,960	Ditolak	Ya
GL2N	0,01084	0,00535	2,02556	1,960	Ditolak	Ya
GL4N	0,00884	0,00325	2,72156	1,960	Ditolak	Ya
GL5N	0,00582	0,00400	1,45356	1,960	Diterima	Tidak
GL6N	0,00439	0,00300	1,46570	1,960	Diterima	Tidak
GL8N	0,01099	0,00370	2,97030	1,960	Ditolak	Ya
GL9N	0,00929	0,00328	2,83069	1,960	Ditolak	Ya
MTR45N	0,01259	0,00544	2,31585	1,960	Ditolak	Ya
MTR46N	0,01432	0,00595	2,40902	1,960	Ditolak	Ya
MTS2N	0,01080	0,00493	2,18969	1,960	Ditolak	Ya
MTS3N	0,01000	0,00443	2,25618	1,960	Ditolak	Ya
MTS4N	0,01422	0,00579	2,45766	1,960	Ditolak	Ya
SMP2N	0,00901	0,00420	2,14316	1,960	Ditolak	Ya
SMP4N	0,01224	0,00438	2,79585	1,960	Ditolak	Ya
SMP6N	0,00778	0,00517	1,50366	1,960	Diterima	Tidak
SMP7N	0,01037	0,00521	1,98872	1,960	Ditolak	Ya
TP1N	0,00963	0,00436	2,20759	1,960	Ditolak	Ya
TP2N	0,01258	0,00482	2,61215	1,960	Ditolak	Ya
TP3N	0,01113	0,00497	2,23885	1,960	Ditolak	Ya

Tabel 11. Hasil uji statistik pergeseran horizontal minggu ke-6

Titik	dH (m)	Std. dH (m)	T hitung	T tabel	H ₀	Pergeseran
GL10N	0,00938	0,00332	2,82421	1,960	Ditolak	Ya
GL11N	0,00825	0,00321	2,57065	1,960	Ditolak	Ya
GL2N	0,01306	0,00559	2,33439	1,960	Ditolak	Ya
GL4N	0,01005	0,00360	2,79216	1,960	Ditolak	Ya
GL5N	0,00678	0,00368	1,84105	1,960	Diterima	Tidak
GL6N	0,00563	0,00314	1,79420	1,960	Diterima	Tidak
GL8N	0,01206	0,00364	3,31602	1,960	Ditolak	Ya
GL9N	0,01105	0,00374	2,95517	1,960	Ditolak	Ya
MTR45N	0,01524	0,00589	2,58703	1,960	Ditolak	Ya
MTR46N	0,01694	0,00660	2,56524	1,960	Ditolak	Ya
MTS2N	0,01313	0,00463	2,83350	1,960	Ditolak	Ya
MTS3N	0,01141	0,00481	2,37084	1,960	Ditolak	Ya
MTS4N	0,01562	0,00604	2,58512	1,960	Ditolak	Ya
SMP2N	0,01064	0,00418	2,54443	1,960	Ditolak	Ya
SMP4N	0,01376	0,00384	3,57966	1,960	Ditolak	Ya
SMP6N	0,00920	0,00485	1,89557	1,960	Diterima	Tidak
SMP7N	0,01164	0,00566	2,05673	1,960	Diterima	Tidak
TP1N	0,01355	0,00640	2,11650	1,960	Ditolak	Ya
TP2N	0,01509	0,00512	2,94699	1,960	Ditolak	Ya
TP3N	0,01255	0,00529	2,37195	1,960	Ditolak	Ya

Tabel 12. Hasil uji statistik pergeseran horizontal minggu ke-7

Titik	dH (m)	Std. dH (m)	T hitung	T tabel	H ₀	Pergeseran
GL10N	0,00373	0,00657	0,56711	1,960	Diterima	Tidak
GL11N	0,00242	0,00651	0,37169	1,960	Diterima	Tidak
GL2N	0,00454	0,00911	0,49911	1,960	Diterima	Tidak
GL4N	0,00345	0,00766	0,45019	1,960	Diterima	Tidak
GL5N	0,00033	0,00702	0,04648	1,960	Diterima	Tidak
GL6N	0,00057	0,00589	0,09703	1,960	Diterima	Tidak
GL8N	0,00349	0,00893	0,39030	1,960	Diterima	Tidak
GL9N	0,00460	0,00756	0,60843	1,960	Diterima	Tidak
MTR45N	0,00499	0,01069	0,46657	1,960	Diterima	Tidak
MTR46N	0,00601	0,01250	0,48073	1,960	Diterima	Tidak
MTS2N	0,00375	0,00990	0,37818	1,960	Diterima	Tidak
MTS3N	0,00254	0,00909	0,27915	1,960	Diterima	Tidak
MTS4N	0,00548	0,01069	0,51238	1,960	Diterima	Tidak
SMP2N	0,00293	0,00847	0,34656	1,960	Diterima	Tidak
SMP4N	0,00620	0,00851	0,72873	1,960	Diterima	Tidak
SMP6N	0,00349	0,00778	0,44913	1,960	Diterima	Tidak
SMP7N	0,00505	0,00806	0,62700	1,960	Diterima	Tidak
TP1N	0,00420	0,00983	0,42662	1,960	Diterima	Tidak
TP2N	0,00609	0,00927	0,65709	1,960	Diterima	Tidak
TP3N	0,00392	0,01028	0,38090	1,960	Diterima	Tidak

Tabel 13. Hasil uji statistik pergeseran horizontal minggu ke-8

Titik	dH (m)	Std. dH (m)	T hitung	T tabel	H ₀	Pergeseran
GL10N	0,000157	0,0022426	0,070068	1,960	Diterima	Tidak
GL11N	0,00241	0,00196609	1,225843	1,960	Diterima	Tidak
GL2N	0,002065	0,00313115	0,659357	1,960	Diterima	Tidak
GL4N	0,003363	0,0075679	0,444416	1,960	Diterima	Tidak
GL5N	0,003203	0,00196176	1,632482	1,960	Diterima	Tidak
GL6N	0,003422	0,00175136	1,953639	1,960	Diterima	Tidak
GL8N	0,002713	0,00308221	0,880258	1,960	Diterima	Tidak
GL9N	0,001223	0,00194741	0,628263	1,960	Diterima	Tidak
MTR45N	0,002144	0,0028766	0,745488	1,960	Diterima	Tidak
MTR46N	0,002622	0,00318072	0,824442	1,960	Diterima	Tidak
MTS2N	0,00311	0,00978167	0,317903	1,960	Diterima	Tidak
MTS3N	0,003268	0,00417875	0,782022	1,960	Diterima	Tidak
MTS4N	0,002138	0,00343911	0,621668	1,960	Diterima	Tidak
SMP2N	0,002727	0,00242911	1,122764	1,960	Diterima	Tidak
SMP4N	0,000984	0,00227753	0,432244	1,960	Diterima	Tidak
SMP6N	0,001145	0,00244292	0,468828	1,960	Diterima	Tidak
SMP7N	0,000648	0,00238906	0,271188	1,960	Diterima	Tidak
TP1N	0,000338	0,00213916	0,157974	1,960	Diterima	Tidak
TP2N	0,001839	0,00221373	0,830824	1,960	Diterima	Tidak
TP3N	0,003545	0,00229161	1,547004	1,960	Diterima	Tidak

Dari hasil uji statistik pergeseran horizontal pemantauan RTS, rata-rata nilai t-hitung semua titik pantau deformasi lebih kecil nilainya dari t-tabel, kecuali untuk pemantauan minggu ke-5 dan ke-6, hampir semua titik pantau mengalami pergeseran signifikan terkecuali untuk titik GL5N, GL6N dan SMP6N, yang bisa diakibatkan anomali, seperti cuaca maupun kondisi lingkungan di sekitar area pemantauan. Hal tersebut juga diperkuat dengan hasil analisis data minggu ke-7 dan ke-8 yang mana semua titik kembali mengalami penurunan nilai pergeseran, yang mengakibatkan nilai statistik t-hitung lebih kecil dari t-tabel sehingga hipotesis nol (H₀) semua titik pantau deformasi diterima, dan secara statistik dikatakan tidak terjadi pergeseran.

Untuk perubahan tinggi titik pantau, juga dilakukan uji statistik untuk membuktikan bahwa semua parameter telah terhitung dengan baik guna mengambil kesimpulan hasil analisis. Berikut hasil analisis uji-t untuk perubahan tinggi :

Tabel 14. Hasil uji statistik perubahan tinggi minggu ke-1

Titik	dV (m)	Std. dV (m)	T hitung	T tabel	H ₀	Pergeseran
GL10N	0,00809	0,00242	3,34435	1,960	Ditolak	Ya
GL11N	0,00477	0,00193	2,47689	1,960	Ditolak	Ya
GL2N	0,00837	0,00152	5,52097	1,960	Ditolak	Ya
GL4N	-0,00674	0,00165	-4,08392	1,960	Ditolak	Ya
GL5N	0,00083	0,00202	0,40983	1,960	Diterima	Tidak
GL6N	0,00283	0,00196	1,44118	1,960	Diterima	Tidak
GL8N	0,00063	0,00310	0,20294	1,960	Diterima	Tidak
GL9N	-0,00694	0,00213	-3,26346	1,960	Ditolak	Ya
MTR45N	0,00557	0,00193	2,88761	1,960	Ditolak	Ya
MTR46N	0,00406	0,00372	1,09135	1,960	Diterima	Tidak
MTS2N	0,01489	0,00288	5,17293	1,960	Ditolak	Ya
MTS3N	-0,01089	0,00307	-3,55085	1,960	Ditolak	Ya
MTS4N	0,00051	0,00274	0,18789	1,960	Diterima	Tidak
SMP2N	-0,00106	0,00135	-0,78357	1,960	Diterima	Tidak
SMP4N	-0,00432	0,00201	-2,15006	1,960	Ditolak	Ya
SMP6N	0,00337	0,00152	2,22346	1,960	Ditolak	Ya
SMP7N	0,00531	0,00188	2,83415	1,960	Ditolak	Ya
TP1N	0,00583	0,00213	2,73008	1,960	Ditolak	Ya
TP2N	0,00466	0,00217	2,14760	1,960	Ditolak	Ya
TP3N	0,00117	0,00271	0,43289	1,960	Diterima	Tidak

Tabel 15. Hasil uji statistik perubahan tinggi minggu ke-2

Titik	dV (m)	Std. dV (m)	T hitung	T tabel	H ₀	Pergeseran
GL10N	0,00717	0,00216	3,31320	1,960	Ditolak	Ya
GL11N	0,00498	0,00220	2,25886	1,960	Ditolak	Ya
GL2N	0,00795	0,00155	5,14621	1,960	Ditolak	Ya
GL4N	-0,00631	0,00176	-3,58532	1,960	Ditolak	Ya
GL5N	0,00073	0,00230	0,31689	1,960	Diterima	Tidak
GL6N	0,00214	0,00231	0,92688	1,960	Diterima	Tidak
GL8N	0,00129	0,00304	0,42312	1,960	Diterima	Tidak
GL9N	-0,00683	0,00232	-2,94018	1,960	Ditolak	Ya
MTR45N	0,00590	0,00307	1,92537	1,960	Diterima	Tidak
MTR46N	0,00524	0,00410	1,27906	1,960	Diterima	Tidak
MTS2N	0,01519	0,00302	5,02633	1,960	Ditolak	Ya
MTS3N	-0,01057	0,00301	-3,50822	1,960	Ditolak	Ya
MTS4N	-0,00040	0,00230	-0,17630	1,960	Diterima	Tidak
SMP2N	-0,00126	0,00159	-0,79187	1,960	Diterima	Tidak
SMP4N	-0,00431	0,00185	-2,32407	1,960	Ditolak	Ya
SMP6N	0,00390	0,00153	2,55690	1,960	Ditolak	Ya
SMP7N	0,00500	0,00221	2,26385	1,960	Ditolak	Ya
TP1N	0,00567	0,00246	2,30716	1,960	Ditolak	Ya
TP2N	0,00410	0,00166	2,46006	1,960	Ditolak	Ya
TP3N	0,00090	0,00246	0,36816	1,960	Diterima	Tidak

Tabel 16. Hasil uji statistik perubahan tinggi minggu ke-3

Titik	dV (m)	Std. dV (m)	T hitung	T tabel	H ₀	Pergeseran
GL10N	0,00807	0,00193	4,18120	1,960	Ditolak	Ya
GL11N	0,00533	0,00233	2,28515	1,960	Ditolak	Ya
GL2N	0,00852	0,00210	4,06271	1,960	Ditolak	Ya
GL4N	-0,00633	0,00252	-2,50857	1,960	Ditolak	Ya
GL5N	0,00100	0,00359	0,27889	1,960	Diterima	Tidak
GL6N	0,00269	0,00175	1,54102	1,960	Diterima	Tidak
GL8N	0,00067	0,00386	0,17293	1,960	Diterima	Tidak
GL9N	-0,00640	0,00345	-1,85623	1,960	Ditolak	Ya
MTR45N	0,00641	0,00452	1,42022	1,960	Diterima	Tidak
MTR46N	0,00463	0,00445	1,04253	1,960	Diterima	Tidak
MTS2N	0,01583	0,00322	4,91997	1,960	Ditolak	Ya
MTS3N	-0,01044	0,00337	-3,09673	1,960	Ditolak	Ya
MTS4N	0,00000	0,00378	0,00000	1,960	Diterima	Tidak
SMP2N	-0,00112	0,00152	-0,73938	1,960	Diterima	Tidak
SMP4N	-0,00410	0,00230	-1,78198	1,960	Ditolak	Ya
SMP6N	0,00395	0,00188	2,10262	1,960	Ditolak	Ya
SMP7N	0,00532	0,00215	2,47663	1,960	Ditolak	Ya
TP1N	0,00661	0,00266	2,48571	1,960	Ditolak	Ya
TP2N	0,00302	0,00188	1,60941	1,960	Diterima	Tidak
TP3N	0,00144	0,00279	0,51648	1,960	Diterima	Tidak

Tabel 17. Hasil uji statistik perubahan tinggi minggu ke-4

Titik	dV (m)	Std. dV (m)	T hitung	T tabel	H ₀	Pergeseran
GL10N	0,00795	0,00252	3,15851	1,960	Ditolak	Ya
GL11N	0,00583	0,00233	2,49938	1,960	Ditolak	Ya
GL2N	0,00914	0,00175	5,23324	1,960	Ditolak	Ya
GL4N	-0,00533	0,00230	-2,31647	1,960	Ditolak	Ya
GL5N	0,00263	0,00273	0,96095	1,960	Diterima	Tidak
GL6N	0,00360	0,00193	1,86650	1,960	Diterima	Tidak
GL8N	0,00267	0,00299	0,89090	1,960	Diterima	Tidak
GL9N	-0,00531	0,00220	-2,41017	1,960	Ditolak	Ya
MTR45N	0,00714	0,00317	2,25016	1,960	Ditolak	Ya
MTR46N	0,00683	0,00487	1,40355	1,960	Diterima	Tidak
MTS2N	0,01912	0,00330	5,79420	1,960	Ditolak	Ya
MTS3N	-0,00879	0,00365	-2,40518	1,960	Ditolak	Ya
MTS4N	0,00124	0,00267	0,46424	1,960	Diterima	Tidak
SMP2N	-0,00033	0,00157	-0,21203	1,960	Diterima	Tidak
SMP4N	-0,00345	0,00255	-1,35438	1,960	Diterima	Tidak
SMP6N	0,00495	0,00224	2,20990	1,960	Ditolak	Ya
SMP7N	0,00593	0,00264	2,24948	1,960	Ditolak	Ya
TP1N	0,00745	0,00281	2,64937	1,960	Ditolak	Ya
TP2N	0,00488	0,00233	2,09568	1,960	Ditolak	Ya
TP3N	0,00298	0,00288	1,03203	1,960	Diterima	Tidak

Tabel 18. Hasil uji statistik perubahan tinggi minggu ke-5

Titik	dV (m)	Std. dV (m)	T hitung	T tabel	H ₀	Pergeseran
GL10N	0,00783	0,00257	3,05345	1,960	Ditolak	Ya
GL11N	0,00493	0,00185	2,65971	1,960	Ditolak	Ya
GL2N	0,00819	0,00257	3,18887	1,960	Ditolak	Ya
GL4N	-0,00643	0,00247	-2,60189	1,960	Ditolak	Ya
GL5N	0,00163	0,00174	0,93834	1,960	Diterima	Tidak
GL6N	0,00257	0,00176	1,46517	1,960	Diterima	Tidak
GL8N	0,00119	0,00301	0,39497	1,960	Diterima	Tidak
GL9N	-0,00543	0,00268	-2,02625	1,960	Ditolak	Ya
MTR45N	0,00667	0,00285	2,33809	1,960	Ditolak	Ya
MTR46N	0,00652	0,00465	1,40301	1,960	Diterima	Ya
MTS2N	0,01731	0,00352	4,91279	1,960	Ditolak	Ya
MTS3N	-0,00926	0,00205	-4,52041	1,960	Ditolak	Ya
MTS4N	0,00074	0,00269	0,27464	1,960	Diterima	Tidak
SMP2N	-0,00098	0,00177	-0,55039	1,960	Diterima	Tidak
SMP4N	-0,00450	0,00260	-1,73283	1,960	Diterima	Tidak
SMP6N	0,00431	0,00266	1,61768	1,960	Diterima	Tidak
SMP7N	0,00583	0,00270	2,16432	1,960	Ditolak	Ya
TP1N	0,00674	0,00288	2,33945	1,960	Ditolak	Ya
TP2N	0,00350	0,00229	1,53019	1,960	Diterima	Tidak
TP3N	0,00133	0,00257	0,51830	1,960	Diterima	Tidak

Tabel 19. Hasil uji statistik perubahan tinggi minggu ke-6

Titik	dV (m)	Std. dV (m)	T hitung	T tabel	H ₀	Pergeseran
GL10N	0,00802	0,00311	2,57988	1,960	Ditolak	Ya
GL11N	0,00478	0,00221	2,16500	1,960	Ditolak	Ya
GL2N	0,00822	0,00417	1,96903	1,960	Ditolak	Ya
GL4N	-0,00654	0,00250	-2,61361	1,960	Ditolak	Ya
GL5N	0,00120	0,00317	0,37895	1,960	Diterima	Tidak
GL6N	0,00256	0,00224	1,14502	1,960	Diterima	Tidak
GL8N	0,00239	0,00357	0,66956	1,960	Diterima	Tidak
GL9N	-0,00473	0,00336	-1,40752	1,960	Diterima	Tidak
MTR45N	0,00554	0,00522	1,06150	1,960	Ditolak	Ya
MTR46N	0,00461	0,00544	0,84809	1,960	Diterima	Tidak
MTS2N	0,01739	0,00409	4,25625	1,960	Ditolak	Ya
MTS3N	-0,00915	0,00371	-2,46856	1,960	Ditolak	Ya
MTS4N	0,00183	0,00325	0,56490	1,960	Diterima	Tidak
SMP2N	-0,00107	0,00217	-0,49410	1,960	Diterima	Tidak
SMP4N	-0,00467	0,00294	-1,58519	1,960	Diterima	Tidak
SMP6N	0,00473	0,00253	1,87019	1,960	Diterima	Tidak
SMP7N	0,00468	0,00429	1,08897	1,960	Diterima	Tidak
TP1N	0,00669	0,00279	2,39867	1,960	Ditolak	Ya
TP2N	0,00188	0,00394	0,47742	1,960	Diterima	Tidak
TP3N	0,00060	0,00445	0,13391	1,960	Diterima	Tidak

Tabel 20. Hasil uji statistik perubahan tinggi minggu ke-7

Titik	dV (m)	Std. dV (m)	T hitung	T tabel	H ₀	Pergeseran
GL10N	0,00734	0,00232	3,16499	1,960	Ditolak	Ya
GL11N	0,00441	0,00197	2,23579	1,960	Ditolak	Ya
GL2N	0,00798	0,00197	4,05193	1,960	Ditolak	Ya
GL4N	-0,00590	0,00173	-3,41333	1,960	Ditolak	Ya
GL5N	0,00113	0,00195	0,57785	1,960	Diterima	Tidak
GL6N	0,00302	0,00142	2,12564	1,960	Ditolak	Ya
GL8N	0,00280	0,00342	0,81963	1,960	Diterima	Tidak
GL9N	-0,00661	0,00243	-2,72260	1,960	Ditolak	Ya
MTR45N	0,00627	0,00237	2,64855	1,960	Ditolak	Ya
MTR46N	0,00510	0,00389	1,31007	1,960	Diterima	Tidak
MTS2N	0,01656	0,00307	5,38659	1,960	Ditolak	Ya
MTS3N	-0,01002	0,00194	-5,15982	1,960	Ditolak	Ya
MTS4N	0,00141	0,00196	0,72108	1,960	Diterima	Tidak
SMP2N	-0,00093	0,00205	-0,45238	1,960	Diterima	Tidak
SMP4N	-0,00437	0,00256	-1,70747	1,960	Diterima	Tidak
SMP6N	0,00459	0,00194	2,36826	1,960	Ditolak	Ya
SMP7N	0,00554	0,00182	3,04554	1,960	Ditolak	Ya
TP1N	0,00617	0,00206	2,99496	1,960	Ditolak	Ya
TP2N	0,00163	0,00213	0,76713	1,960	Diterima	Tidak
TP3N	0,00066	0,00225	0,29216	1,960	Diterima	Tidak

Tabel 21. Hasil uji statistik perubahan tinggi minggu ke-8

Titik	dV (m)	Std. dV (m)	T hitung	T tabel	H ₀	Pergeseran
GL10N	0,00778	0,00140	5,57305	1,960	Ditolak	Ya
GL11N	0,00539	0,00133	4,03796	1,960	Ditolak	Ya
GL2N	0,00956	0,00142	6,71306	1,960	Ditolak	Ya
GL4N	-0,00472	0,00208	-2,26934	1,960	Ditolak	Ya
GL5N	0,00255	0,00129	1,96813	1,960	Ditolak	Ya
GL6N	0,00417	0,00125	3,33726	1,960	Ditolak	Ya
GL8N	0,00239	0,00262	0,91342	1,960	Diterima	Tidak
GL9N	-0,00644	0,00198	-3,25972	1,960	Ditolak	Ya
MTR45N	0,00600	0,00169	3,55226	1,960	Ditolak	Ya
MTR46N	0,00572	0,00318	1,80101	1,960	Diterima	Tidak
MTS2N	0,01778	0,00308	5,77483	1,960	Ditolak	Ya
MTS3N	-0,00983	0,00268	-3,66317	1,960	Ditolak	Ya
MTS4N	0,00194	0,00230	0,84508	1,960	Diterima	Tidak
SMP2N	-0,00111	0,00110	-1,01182	1,960	Diterima	Tidak
SMP4N	-0,00422	0,00159	-2,65137	1,960	Ditolak	Ya
SMP6N	0,00539	0,00172	3,13354	1,960	Ditolak	Ya
SMP7N	0,00700	0,00175	4,00240	1,960	Ditolak	Ya
TP1N	0,00572	0,00123	4,66203	1,960	Ditolak	Ya
TP2N	0,00306	0,00192	1,58795	1,960	Diterima	Tidak
TP3N	0,00100	0,00355	0,28185	1,960	Diterima	Tidak

Uji statistik terhadap perubahan tinggi menunjukkan nilai yang beragam di setiap minggunya. Akan tetapi terlihat hasil analisis menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan tinggi tiap minggunya untuk beberapa titik pantau, yaitu titik GL10N, GL11N, GL2N, GL4N, GL5N, GL6N, GL9N, MTS3N, SMP4N, SMP6N, SMP7N, dan TP1N.

Selain pengujian data perminggu, uji-t juga dilakukan untuk keseluruhan data dari awal hingga akhir pemantauan, untuk membuktikan apakah hasil uji statistik data perminggu berbanding lurus dengan hasil uji statistik keseluruhan. Berikut tabel hasil uji statistik data keseluruhan.

Tabel 22. Hasil uji statistik pergerakan horisontal keseluruhan pemantauan

Titik	dH (m)	Std. dH (m)	T hitung	T tabel	H ₀	Pergeseran
GL10N	0,00396	0,00482	0,82178	1,960	Diterima	Tidak
GL11N	0,00344	0,00474	0,72580	1,960	Diterima	Tidak
GL2N	0,00485	0,00718	0,67576	1,960	Diterima	Tidak
GL4N	0,00432	0,00553	0,78065	1,960	Diterima	Tidak
GL5N	0,00124	0,00523	0,23742	1,960	Diterima	Tidak
GL6N	0,00097	0,00436	0,22329	1,960	Diterima	Tidak
GL8N	0,00488	0,00653	0,74724	1,960	Diterima	Tidak
GL9N	0,00494	0,00546	0,90405	1,960	Diterima	Tidak
MTR45N	0,00621	0,00796	0,78007	1,960	Diterima	Tidak
MTR46N	0,00560	0,00959	0,58417	1,960	Diterima	Tidak
MTS2N	0,00494	0,00755	0,65495	1,960	Diterima	Tidak
MTS3N	0,00376	0,00714	0,52667	1,960	Diterima	Tidak
MTS4N	0,00761	0,00827	0,92081	1,960	Diterima	Tidak
SMP2N	0,00396	0,00620	0,63839	1,960	Diterima	Tidak
SMP4N	0,00689	0,00627	1,09951	1,960	Diterima	Tidak
SMP6N	0,00372	0,00560	0,66500	1,960	Diterima	Tidak
SMP7N	0,00473	0,00643	0,73525	1,960	Diterima	Tidak
TP1N	0,00509	0,00684	0,74441	1,960	Diterima	Tidak
TP2N	0,00645	0,00736	0,87696	1,960	Diterima	Tidak
TP3N	0,00436	0,00754	0,57764	1,960	Diterima	Tidak

Tabel 23. Hasil uji statistik perubahan tinggi keseluruhan pemantauan

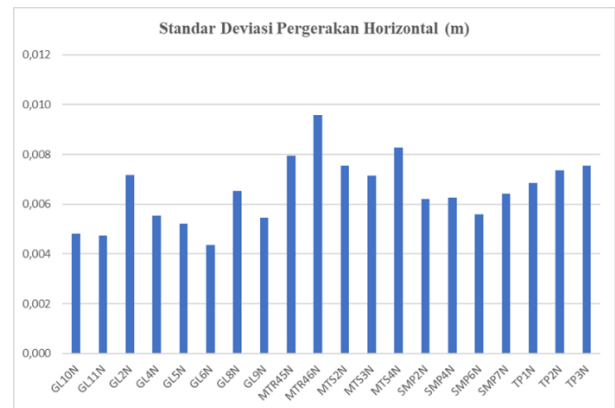
Titik	dV (m)	Std. dV (m)	T hitung	T tabel	H ₀	Pergeseran
GL10N	0,00778	0,00240	3,23683	1,960	Ditolak	Ya
GL11N	0,00504	0,00202	2,48886	1,960	Ditolak	Ya
GL2N	0,00841	0,00238	3,54008	1,960	Ditolak	Ya
GL4N	-0,00613	0,00222	-2,76397	1,960	Ditolak	Ya
GL5N	0,00132	0,00248	0,53017	1,960	Diterima	Tidak
GL6N	0,00285	0,00195	1,46575	1,960	Diterima	Tidak
GL8N	0,00172	0,00334	0,51582	1,960	Diterima	Tidak
GL9N	-0,00604	0,00276	-2,18992	1,960	Ditolak	Ya
MTR45N	0,00622	0,00344	1,81069	1,960	Diterima	Tidak
MTR46N	0,00541	0,00447	1,21056	1,960	Diterima	Tidak
MTS2N	0,01673	0,00354	4,72505	1,960	Ditolak	Ya
MTS3N	-0,00984	0,00307	-3,20119	1,960	Ditolak	Ya
MTS4N	0,00085	0,00287	0,29587	1,960	Diterima	Tidak
SMP2N	-0,00097	0,00175	-0,55427	1,960	Diterima	Tidak
SMP4N	-0,00424	0,00240	-1,76905	1,960	Diterima	Tidak
SMP6N	0,00434	0,00213	2,04212	1,960	Ditolak	Ya
SMP7N	0,00547	0,00263	2,07854	1,960	Ditolak	Ya
TP1N	0,00642	0,00255	2,51807	1,960	Ditolak	Ya
TP2N	0,00335	0,00265	1,26037	1,960	Diterima	Tidak
TP3N	0,00128	0,00305	0,42055	1,960	Diterima	Tidak

Hasil uji statistik pergerakan horisontal untuk data secara keseluruhan menunjukkan nilai t-hitung lebih kecil dari t-tabel sehingga H₀ diterima, yang berarti bahwa tidak terjadi perubahan yang signifikan secara statistik. Hasil ini pun berbanding lurus dengan hasil rata-rata analisis perminggu yang menunjukkan secara statistik tidak terjadi deformasi secara horisontal untuk semua titik pantau.

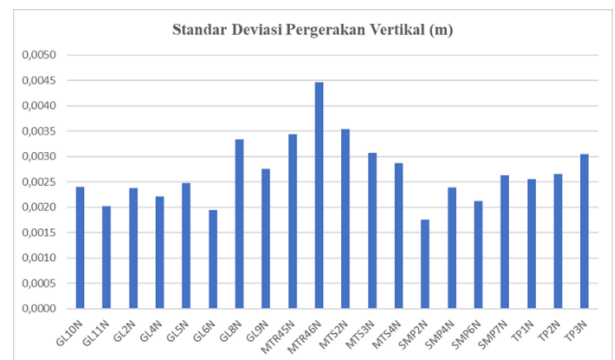
Begitu pun untuk perubahan tinggi, hasil uji statistik secara keseluruhan menunjukkan terdapat perubahan tinggi untuk sebagian besar titik pantau, yaitu diantaranya titik GL10N, GL11N, GL2N, GL4N, GL9N, MTR45N, MTS2N, MTS3N, SMP6N, SMP7N, dan TP1N dengan masing-masing nilai perubahan berada di fraksi mm (milimeter). Untuk perubahan ketinggian dengan nilai yang paling tinggi berada pada titik pantau MTS3N dengan perubahan senilai 0.0098 m yang berada di area spill way. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pergerakan deformasi dalam kurun waktu 8 minggu masih pada level aman.

Hasil analisis uji-t sangat dipengaruhi oleh tingkat presisi data atau diwakili oleh standar deviasi, yang menunjukkan pemerataan hasil data yang baik. Berikut diagram rata-rata simpangan

baku deformasi untuk masing-masing titik bisa dilihat pada gambar 7. dan gambar 8.



Gambar 6. Diagram standar deviasi pergerakan horisontal



Gambar 7. Diagram standar deviasi perubahan tinggi

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian deformasi dengan data pemantauan RTS (Robotic Total Station) maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai rata-rata pergeseran horisontal titik pantau sebesar 4,6 mm, nilai maksimum pergerakan 7,6 mm dan pergerakan terkecil sebesar 1 mm. Adapun untuk perubahan tinggi, memiliki nilai rata-rata perubahan yaitu 2,5 mm, dengan nilai minimum perubahan sebesar 9,8 mm dan perubahan maksimum sebesar 16,7 mm.

2. Hasil uji statistik dengan memperhitungkan standar deviasi nilai pergerakan, untuk mengetahui perubahan posisi titik pengamatan dengan tingkat kepercayaan 95%, semua titik pantau tidak terjadi pergerakan secara horisontal, akan tetapi terjadi perubahan tinggi untuk sebagian besar titik pantau, yaitu diantaranya GL10N, GL11N, GL2N, GL4N, GL9N, MTR45N, MTS2N, MTS3N, SMP6N, SMP7N, dan TP1N dengan masing-masing nilai perubahan berada di fraksi milimeter.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian serta analisis pengolahan data dalam penelitian ini, maka beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Pada penelitian selanjutnya diperlukan data pendukung berupa koordinat titik kontrol dan titik pantau yang memiliki rentang waktu yang berjauhan dengan proses penelitian, serta durasi pengambilan data yang lebih lama untuk proses pemantauan guna mendapatkan sampel yang lebih banyak untuk keperluan analisis pemantauan deformasi.
2. Pemantauan deformasi menggunakan RTS (*Robotic Total Station*), cukup efektif dan efisien, karena bisa dilakukan secara realtime untuk kurun waktu yang lebih lama dengan biaya yang lebih kecil dibandingkan menggunakan GPS yang biasa dilakukan pada umumnya. Akan tetapi penggunaan RTS (*Robotic Total Station*) rentan terjadi anomali yang bisa mempengaruhi presisi data, sehingga harus dikontrol dengan menggunakan Total Station secara manual untuk setiap kurun waktu tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Faris Dkk. (2015). *Analisis Deformasi Gunung Api Batur Berdasarkan Data Pengamatan Gps Berkala Tahun 2008, 2009, 2013, Dan 2015*. Jurnal Lingkungan Hidup dan Bencana Geologi ITB Bandung ISSN: 2086-7794
- Ali Amirrudin Dkk. (2014). *Pengamatan GPS untuk Monitoring Deformasi Bendungan Jatibarang Menggunakan Software Gamit 10.5*. Jurnal Geodesi Universitas Diponegoro Semarang Volume 3, Nomor 3, Tahun 2014, ISSN: 2337-845X
- Backofen W.A (1972). *Deformation Processing*. Addison-Wiley Publishing Company, Massachusett
- Fajar Rudi Purwoko, Bambang Sudarsono, Fauzi Janu Amarrohman (2017). *Pemantauan Deformasi Bendungan Jatibarang Menggunakan Scientific Software Gamit 10.6 dengan Titik Ikat IGS dan CORS CSEM Tahun 2016*. Jurnal Geodesi Universitas Diponegoro
- Fossen H (2010). *Structural Geology, An Introduction to Geometrical Techniques*. New York: Cambridge University
- Hamid Herawan (2020). *Deformasi Bendungan Jatigede September 2020*. PT. Winaguna Sarana Teknik. Bandung
- Irwan Gumilar Dkk. (2013). *Studi Deformasi Bendungan Darma Dengan Menggunakan Metode Survei GPS*. Indonesian Journal Of Geospatial ITB Bandung Vol. 2 No. 2, 2013, halaman 42-55
- Muafiry, I.N. (2015). *Analisis Deformasi Akibat Gempa Bumi Kepulauan Mentawai Menggunakan Pengamatan GPS Kontinyu (Studi Kasus : Gempa Mentawai Tahun 2008)*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November

- Nuha Yahya Muvid. (2018). *Analisis Deformasi Gunung Merapi Menggunakan Data Gps Tahun 2015*. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim
- PT. Indra Karya (2018). *Laporan Interim Kajian dan Pemantauan Operasi dan Pemeliharaan Waduk Jatigede Tahun II*. Malang
- Riduwan. Sunarto. (2007). *Pengantar Statistika Untuk Penelitian Pendidikan, Sosial, Ekonomi dan Bisnis*. Bandung: Alfabeta
- Romla Noor Hakim. (2016). *Monitoring Deformasi Dinding Dan Atap Terowongan Tambang Emas Bawah Tanah Menggunakan Total Station Reflektorless*. Laboratorium Teknologi Pertambangan, Universitas Lambung Mangkurat ISSN 2541-5670
- Sarkowi, M. (2010). *Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Gunung Merbabu-Merapi Berdasarkan Pemodelan 3d Anomali Baougeur*. Jurnal Berkala Fisika Volume 13
- Sidharta, SK. (1997). *Irigasi dan Bangunan Air*. Jakarta : Gunadarma
- Telford, W. Geldart, L. and Sheriff R. (1990). *Applied Geophysics edisi kedua*. New York: Cambridge University Press
- Umaryono U. Purwohardjo (1986). *Ilmu Ukur Tanah Seri A Pengukuran Horisontal*. Jurusan Teknik Geodesi, FTSP, ITB Bandung
- Umaryono U. Purwohardjo (1986). *Ilmu Ukur Tanah Seri A Pengukuran Tinggi*. Jurusan Teknik Geodesi, FTSP, ITB Bandung
- Young (2016). *Fisika Universitas*. Jakarta: Erlangga