

Kajian Hasil Pemantauan Pergerakan Tanah Secara Horizontal dan Vertikal Selama Satu Tahun Dari Tahun 2017-2018 Di Clapar, Banjarnegara Ir. Joko Hartadi M.T.^a, Dessy Apriyanti S.T., M. Eng^b

^{a)} Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

^{b)} Universitas Pakuan

Jalan Tambak Bayan No. 2, Caturtunggal, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

^{a)} Corresponding author: jokohartadi@upnyk.ac.id

^{b)} dessy.apriyanti22@gmail.com

ABSTRAK

Gerakan tanah adalah suatu gerakan menuruni lereng oleh massa tanah dan atau batuan penyusun lereng, Definisi di atas dapat menunjukkan bahwa massa yang bergerak dapat berupa massa tanah, massa batuan ataupun percampuran antara keduanya. Bencana longsor adalah salah satu jenis bencana yang sering terjadi di Clapar, Banjarnegara. Longsor yang terjadi merupakan kejadian yang berulang dan hingga sekarang belum ada metode yang sesuai untuk menanggapi ancaman yang ditimbulkan, sehingga langkah-langkah pencegahan belum maksimal. Menurut ahli menyatakan bahwa pergerakan tanah di daerah tersebut sangat aktif namun belum dapat diketahui secara kualitatif maupun kuantitatif tingkat keaktifannya yang dapat menimbulkan tanah longsor. Penelitian ini diharapkan mampu membantu pihak terkait untuk merancang mitigasi bencana longsor di Clapar kabupaten Banjarnegara sehingga dapat mengurangi kerugian baik dari infrastruktur ataupun jiwa di masa yang akan datang. Sedangkan tujuan jangka panjang penelitian ini adalah memetakan dengan jelas daerah rawan longsor sehingga dapat memudahkan dalam memodelkan rancangan mitigasi kebencanaan. Salah satu metode yang digunakan dalam pencapaian tujuan tersebut adalah dengan melakukan pemantauan pergerakan tanah di daerah yang pernah mengalami longsor, menghitung pergerakan tanah dengan menggunakan penentuan posisi di permukaan tanah yang diamati dalam kurun waktu tertentu secara periodik, melakukan analisis pergerakannya menggunakan uji statistik beda signifikansi parameter terhadap nilai koordinat posisi di tahun 2017 dan tahun 2018. Berdasarkan pada uji statistik pergerakan tanah yaitu uji beda signifikansi parameter menunjukkan bahwa hasil ujinya diterima. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai pergerakan horizontal dan vertikal yang terjadi selama satu tahun yaitu pada tahun 2017 sampai dengan tahun 2018 Hasil uji statistik yang menyatakan tidak bergerak sesuai dengan kondisi saat pengukuran, yaitu dalam kondisi sebelum hujan, sedangkan pergerakan tanah terjadi pada saat setelah terjadi hujan.

Kata kunci: Pergerakan tanah, Longsor, Mitigasi bencana, Clapar

ABSTRACT

Soil movement is a movement down the slope by the mass of the soil and/or rock making up the slope. The definition above can indicate that the moving mass can be in the form of soil mass, rock mass or a mixture of both. Landslide disaster is one type of disaster that often occurs in Clapar, Banjarnegara. Landslides that occur are recurring events and until now there has been no appropriate method to respond to the threats posed, so preventive measures have not been maximized. According to the expert, the soil movement in the area is very active, but it is not possible to know qualitatively or quantitatively the level of activity that can cause landslides. This research is expected to be able to help related parties to design landslide disaster mitigation in Clapar, Banjarnegara district so that it can reduce losses both from infrastructure and lives in the future. Meanwhile, the long-term objective of this study is to map clearly landslide-prone areas so that it can make it easier to model disaster mitigation designs. One of the methods used in achieving this goal is by monitoring the movement of the soil in areas that have experienced landslides, calculating the movement of the soil by using the position on the surface of the soil that is observed periodically for a certain period of time, analyzing its movements using statistical tests of different significance parameters. on the value of position coordinates in 2017 and 2018. Based on the statistical test of soil movement, namely the difference in the significance of the parameters, it shows that the test results are accepted. This shows that the value of horizontal and vertical movements that occurred during one year, namely in 2017 to 2018 The results of statistical tests stated that it did not move in accordance with the conditions during the measurement, namely in the conditions before it rained, while the ground movement occurred after the rain occurred.

Keywords: Land subsidence, Landslide, Hazard, Clapar

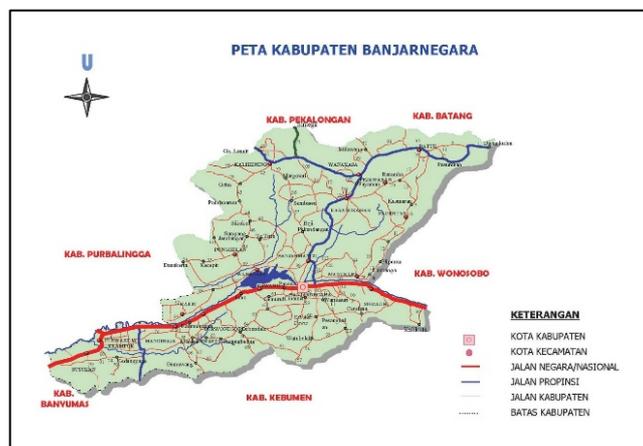
1. PENDAHULUAN

Bencana alam adalah salah satu fenomena yang dapat terjadi setiap saat, dimanapun dan kapanpun sehingga menimbulkan risiko atau bahaya terhadap kehidupan manusia, baik kerugian harta benda maupun korban jiwa manusia. Bencana tanah longsor merupakan salah satu bencana alam geologi yang dapat menimbulkan korban jiwa dan kerugian material yang sangat besar (Nugroho. dkk, 2009). Tanah longsor itu sendiri adalah perpindahan material pembentuk Lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau ke luar lereng (SNI 13-7124-2005).

Dari data Bakornas Penanggulangan Bencana, sejak tahun 1998 hingga pertengahan tahun 2003, tercatat telah terjadi 647 kejadian bencana di Indonesia, dimana 85% dari bencana tersebut merupakan banjir dan longsor (Marwanta, 2003). Dari gambaran tersebut terlihat bahwa longsor merupakan bencana alam yang sangat mengancam dan penting untuk diperhatikan setelah banjir, karena frekwensi kejadian dan jumlah korban jiwa yang ditimbulkan cukup signifikan. Banjarnegara adalah Kabupaten yang memiliki kawasan pegunungan dengan resiko tanah longsor cukup tinggi. Pada hari Kamis (11 Desember 2014) dan Jumat (12 Desember 2014), setidaknya terjadi tanah longsor di 25 lokasi meski dalam skala kecil (jogja.tribunnews.com).

Mengingat bahwa beberapa tempat di Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah merupakan daerah yang mempunyai potensi gerakan tanah yang cukup tinggi (Djadja dkk, 2009), maka diperlukan suatu penelitian berupa kajian potensi pergerakan massa tanah.

Desa Clapar berada di wilayah Kecamatan Madukara, terletak di bagian timur Kabupaten Banjarnegara dan berbatasan dengan Kabupaten Wonosobo (**Gambar 1**). Desa Clapar secara geografis merupakan wilayah perbukitan seluas ± 350 hektar. Berdasarkan data Pemerintah Kabupaten Banjarnegara diketahui bahwa daerah tersebut merupakan daerah yang padat penduduk dan pemukiman penduduk. Pada tanggal 28 Maret 2016 lalu, terjadi bencana Longsor di Clapar, Banjarnegara. Jembatan raya yang membentang mendadak meliuk. Jalan Raya tersebut terhanyut oleh aliran massa tanah.



Gambar 1. Peta Administrasi Kabupaten Banjarnegara
(sumber: Kementerian Pekerjaan Umum)

Kejadian bencana harus dinilai dengan cakupan wilayah kajian yang cukup untuk memudahkan penilaian. Jika dilihat lebih luas, desa ini berada pada wilayah yang rawan terkena dampak longsor apabila terjadi longsor pada bukit yang berada di sisi barat desa yang memiliki kriteria kemiringan sangat tinggi dengan arah kemiringan mengarah tepat ke desa. Lompatan kriteria kemiringan yang terdapat pada sisi barat desa yang mulai dari sangat rendah, menengah dan sangat tinggi, menjadikan desa ini berada pada wilayah rawan bencana longsor.

Saat gerakan tanah diawali pada 24 Maret 2016 pukul 19:00 WIB, yang disusul pada 25 Maret 2016 pukul 01:30 WIB dan pukul 06:00 WIB, luas area longsornya masih sebatas 5 hektar dengan

keliling area 1,2 kilometer. Dampak yang diakibatkan meliputi 9 rumah rusak berat, 3 rumah rusak sedang dan 2 rusak ringan dengan 29 rumah lain dalam kondisi terancam. Jumlah pengungsi mencapai 158 orang. Salah satu bentuk mitigasi dalam rangka menghadapi terjadinya bencana alam dan sekaligus untuk mengurangi dampak yang ditimbulkannya adalah tersedianya sistem peringatan dini (*early warning system*) termasuk di dalamnya tersedianya data dan informasi mengenai wilayah yang rentan terhadap bahaya longsor. Untuk itu diperlukan upaya-upaya yang komprehensif untuk mengurangi resiko bencana alam, antara lain yaitu dengan melakukan kegiatan mitigasi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendiskripsikan upaya mitigasi dan upaya peningkatan mitigasi bencana Tanah Longsor di Kabupaten Banjarnegara. Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, maka dilakukan kegiatan pemantauan pergerakan tanah di titik-titik sekitar daerah penelitian yang rawan longsor. Dengan mengetahui pergerakan tanah berdasarkan pengamatan GPS geodetik selama satu tahun dari tahun 2017 hingga tahun 2018, diharapkan dapat menjadi penyusun yang baik untuk menyusun metode yang sesuai sehingga dapat dimanfaatkan untuk mitigasi bencana longsor di daerah penelitian ini.

2. MAKSUD DAN TUJUAN PENELITIAN

Maksud dari penelitian adalah untuk mengetahui fenomena terjadinya tanah longsor, dampak yang terjadi, dan analisis mekanisme kejadiannya secara geometrik. Dengan diketahuinya permasalahan bencana tanah longsor tersebut serta besar dan arah pergerakan secara horizontal dan vertikalnya, maka dapat dilakukan penanganannya yang efektif dan efisien serta menjadikan acuan dalam pengurangan risiko bencana pada lokasi daerah lain yang mempunyai potensi bencana tanah longsor serupa.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Bencana longsor disebabkan gerakan tanah di Desa Clapar Kecamatan Madukara, Banjarnegara, Jawa Tengah yang masih terus berlangsung. Curah hujan yang cukup tinggi dan kondisi tanah yang gembur dimungkinkan akan terus membuat gerakan tanah. Terdapat 2 kegiatan yang dilakukan untuk pemantauan tanah di Desa Clapar antara lain:

3.1 Pengujian Peralatan

Pengujian peralatan dimaksudkan untuk menguji coba kemampuan dan kelancaran peralatan yang digunakan, baik perangkat GPS Geodetik maupun sistem perangkat lunaknya. Perangkat lunak yang digunakan untuk memproses data GPS adalah Software Geogenius.

3.2 Tahap Pengumpulan Data

Penentuan posisi dengan GPS pada dasarnya dilakukan dengan prinsip pengikatan ke belakang yaitu dengan mengukur jarak dari beberapa satelit yang diketahui posisinya sehingga posisi pengamat dapat dihitung. Pengamatan dengan teknologi GPS menghasilkan koordinat dalam sistem koordinat geodetik (ϕ , λ , h), koordinat kartesi tiga dimensi (X,Y,Z) dan parameter waktu. Proses hitungan dilakukan dengan mengurangi fase sinyal pembawa dari satelit dengan sinyal yang dibangkitkan dalam *receiver*.

Data yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini yaitu, data pengamatan GNSS tanggal 1 November 2017 dan 1 April 2018 pada delapan titik kontrol pemantauan pergerakan tanah yang diamat selama ± 8 jam setiap titik kontrolnya. Pengukuran dilakukan dengan metode statik diferensial dengan *sampling rate* 15 detik. Titik kontrol pemantauan tersebut yaitu titik P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, dan P8.

3.3 Tahap Analisis dan Pengolahan Data

Tahapan ini merupakan tahapan dilakukannya analisis dan pengolahan data yang dilakukan di studio dan laboratorium disertai diskusi dan studi referensi tentang topik terkait.

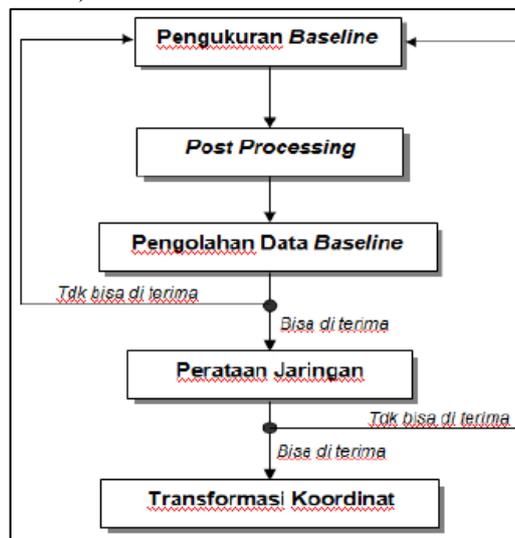
Adapun analisis yang dilakukan pada tahapan ini diantaranya:

a) Analisis pengolahan data hasil pengamatan GPS

Pengolahan Data Setelah seluruh titik telah diamati, maka tahap selanjutnya adalah melakukan pemindahan data (*download*) dari *receiver* ke *laptop*. Adapun data yang di-*download* terdiri dari format *raw data file* dan selanjutnya dikonversi menjadi tipe data *rinex file*. Pada tahap ini dilakukan dua tahapan pekerjaan yaitu :

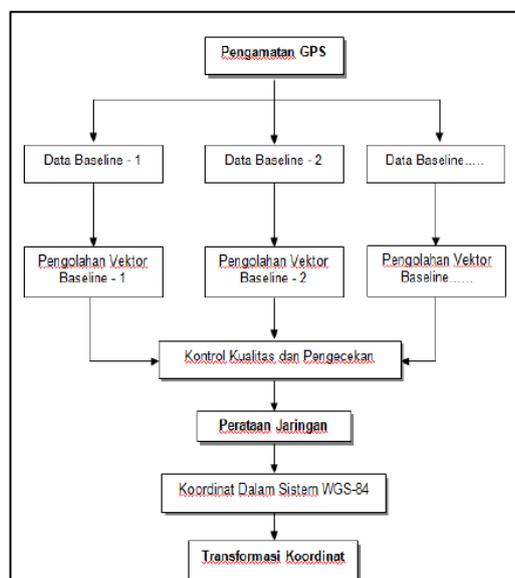
1. Hitungan perataan baseline
2. Hitung perataan jaringan (*Network Adjustment*)

Secara umum tahapan pengukuran dan pengolahan data GPS geodetik ini dapat dilihat pada diagram alir berikut ini (**Gambar 2**):



Gambar 2. Diagram Alir Pengukuran dan Pengolahan Data GPS.

Pada tahap Hitung Perataan *Baseline*, dilakukan metode sederhana, yaitu meratakan sejumlah pengamatan untuk titik-titik koordinat di posisi yang sama, dengan cara memberikan bobot setiap pengamatan secara proporsional (Muhamadi dan Mutiara, 2002). Bobot pengamatan adalah harga standar deviasi hitungan rata-rata statistik untuk titik yang bersangkutan, diagram alir berikut ini (**Gambar 3**):



Gambar 3. Diagram Alir Pengolahan Data GPS

Berdasarkan hasil pengolahan data akhir (*final adjustment*) menggunakan metode perataan untuk seluruh *baseline* maka didapatkan nilai analisis simpangan baku (standar deviasi) masing – masing koordinat. Koordinat yang dihasilkan pada proses pengolahan *baseline* menggunakan perangkat lunak Geogenius, adalah koordinat dalam sistem koordinat geografis dan sistem koordinat proyeksi UTM.

b) Analisis pergerakan tanah

Berdasarkan histori kejadian longsor yang terjadi di daerah penelitian, menjadi indikasi dasar tentang adanya pergerakan tanah. Dengan dilakukan pengamatan dan pengukuran geodetik dapat mengetahui besaran pergerakan tanah dalam kurun waktu tertentu untuk dijadikan acuan estimasi rancangan kejadian longsor di waktu mendatang. Analisis pergerakan tanah dilakukan dengan menggunakan uji statistik. Uji statistik yang digunakan yaitu uji beda signifikansi beda parameter. Uji tersebut dilakukan untuk mengetahui bahwa benar-benar telah terjadi pergerakan secara statistik.

3.3.1. Hitungan Pergerakan Horizontal dan Vertikal

Nilai pergerakan horizontal dan vertikal yang terjadi diperoleh dari perbedaan nilai komponen X, Y, dan Z tiap kala. Pada proses sub bab ini data masukan berupa komponen X, Y, dan Z. Cara menghitung besar pergerakan horizontal dan vertikal sesuai dengan persamaan 1 s.d 3 sebagai berikut:

$$dX = X_{kala^2} - X_{kala^1} \quad (1)$$

$$dY = Y_{kala^2} - Y_{kala^1} \quad (2)$$

$$dZ = Z_{kala^2} - Z_{kala^1} \quad (3)$$

3.3.2. Analisis Pergerakan Horizontal dan Vertikal

Analisis deformasi yang dilakukan untuk mengevaluasi pergerakan horizontal dan vertikal yaitu uji signifikansi beda parameter. Uji signifikansi beda parameter ini dilakukan untuk melihat signifikansi perbedaan koordinat dari dua parameter secara statistik. Adapun persamaan uji beda signifikansi parameter seperti pada persamaan 4 berikut.

$$T = \frac{X_i - X_{ii}}{\sqrt{\sigma_{xi}^2 + \sigma_{xii}^2}} \quad (4)$$

Dalam hal ini:

T : nilai t hitung

$t_{t,\alpha/2}$: distribusi t pada tabel t (*student*) dengan tingkat kepercayaan sebesar α

x_i : parameter kala pertama

x_{ii} : parameter kala kedua

σ_{xi}^2 : simpangan baku parameter kala pertama

σ_{xii}^2 : simpangan baku parameter kala kedua

3.3.3. Hitungan Pergerakan Koordinat 3D (X, Y dan Z)

Perhitungan besar pergerakan 3D dilakukan dengan menggunakan data masukan koordinat 3D yaitu koordinat UTM komponen X, Y, dan Z. Perhitungan nilai koordinat UTM (X, Y, Z) diperoleh dari hasil pengolahan terpisah masing-masing kala menggunakan *software* pengolahan GPS, yaitu *Geogenius*.

3.3.4. Penentuan Pola Pergerakan Koordinat 3D Secara Geometrik

Nilai pergerakan dalam sistem koordinat 3D (X, Y dan Z) digunakan sebagai data masukan dalam melakukan *plotting* pergerakan 3D secara geometrik. Data masukan tersebut meliputi nilai dX, dY dan dZ. *Plotting* ini dilakukan untuk melihat pola pergerakan dalam ruang 3D (X, Y, Z). Oleh karena

itu, dapat dibuat kesimpulan secara global besar dan arah pergerakan 3D selama satu tahun yaitu pada tahun 2017 hingga tahun 2018.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengolahan Software Geogenius

Hasil estimasi kordinat X, Y, dan Z dan ketelitiannya pada sistem koordinat geografis di Tahun 2018 dan 2017 dapat dilihat pada Tabel 1 dan 3. Pada Tabel 2 dan 4 menunjukkan hasil estimasi komponen X, Y, dan Z ketelitiannya pada sistem koordinat UTM (*Universal Transverse Mercator*) di Tahun 2018 dan 2017. Hasil estimasi koordinat pada tahun 2017 dan tahun 2018 diperoleh dari hasil pengolahan data *GPS Geodetic* menggunakan *software Geogenius*.

Tabel 1. Nilai Komponen 3D (X,Y, dan Z) Beserta Ketelitiannya Dalam Sistem Koordinat Geografis Pada Tahun 2018

TITIK	Lintang (LS)	Bujur (BT)	Tinggi (m)	Ketelitian (mm)		
				Lintang	Bujur	Tinggi
P1	7° 21' 08.82598"	109° 45' 52.34976"	769,016	12,9	20,4	53,7
P2	7° 21' 12.72396"	109° 45' 52.09993"	758,206	39,5	42,3	73,1
P3	7° 21' 08.23575"	109° 45' 59.51515"	762,141	26,5	24,1	61
P4	7° 19' 55.62834"	109° 46' 19.56972"	865,406	17,5	31,2	54,7
P5	7° 19' 46.77739"	109° 46' 14.50891"	837,616	33	54,9	88,4
P6	7° 18' 40.74416"	109° 44' 25.95218"	762,659	15,8	22,3	58,7
P7	7° 18' 40.00674"	109° 44' 27.04483"	767,118	27,5	21,8	58
P8	7° 18' 41.79185"	109° 44' 28.60675"	748,67	19,1	32,2	58,9

Tabel 2. Nilai Komponen 3D (X,Y, Dan Z) Beserta Ketelitiannya Dalam Sistem Koordinat UTM Pada Tahun 2018

TITIK	X (m)	Y (m)	Z (m)	Ketelitian (mm)		
				X	Y	Z
P1	363637,0128	9187100,364	769,017	27,1	50,1	14,9
P2	363629,687	9186980,621	758,212	60,5	62,8	33
P3	363856,6818	9187119,098	762,141	27,9	58,1	29,3
P4	364465,5179	9189350,904	865,394	28,7	54,3	22,1
P5	364309,4685	9189622,294	837,556	48	92,6	32,4
P6	360974,9291	9191641,317	762,671	28,4	54,9	19
P7	361008,3722	9191664,062	767,118	26,7	53,9	31,4
P8	361056,3907	9191609,36	748,652	32,5	58,2	20,9

Tabel 3. Nilai Komponen 3D (X,Y, Dan Z) Beserta Ketelitiannya Dalam Sistem Koordinat Geografis Pada Tahun 2017

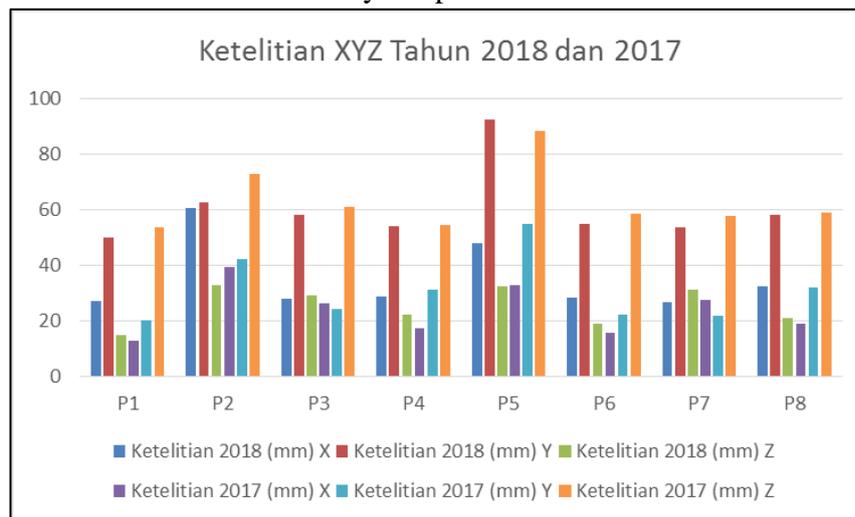
TITIK	Lintang (LS)	Bujur (BT)	Tinggi (m)	Ketelitian (mm)		
				Lintang	Bujur	Tinggi
P1	7° 21' 08.82578"	109° 45' 52.34987"	769,02	5	5,3	12,9
P2	7° 21' 12.72466"	109° 45' 52.09840"	758,27	6,1	6,4	19,3
P3	7° 21' 08.23721"	109° 45' 59.51445"	762,199	6,2	7,6	18,6
P4	7° 19' 55.60890"	109° 46' 19.57531"	865,74	7,9	10,7	23,8
P5	7° 19' 46.77745"	109° 46' 14.50869"	837,678	6,4	9,2	22,5
P6	7° 18' 40.74369"	109° 44' 25.95198"	762,581	5,7	5,9	17,4
P7	7° 18' 40.00632"	109° 44' 27.04370"	767,104	5,4	5,8	14,7
P8	7° 18' 41.78840"	109° 44' 28.60692"	748,494	5,7	7,1	18,1

Tabel 4. Nilai Komponen 3D (X,Y, Dan Z) Beserta Ketelitiannya Dalam Sistem Koordinat UTM Pada Tahun 2017

TITIK	X (m)	Y (m)	Z (m)	Ketelitian (mm)		
				X	Y	Z
P1	363637,0128	9187100,364	769,017	12,9	20,4	53,7
P2	363629,687	9186980,621	758,212	39,5	42,3	73,1
P3	363856,6818	9187119,098	762,141	26,5	24,1	61
P4	364465,5179	9189350,904	865,394	17,5	31,2	54,7
P5	364309,4685	9189622,294	837,556	33	54,9	88,4
P6	360974,9291	9191641,317	762,671	15,8	22,3	58,7
P7	361008,3722	9191664,062	767,118	27,5	21,8	58
P8	361056,3907	9191609,36	748,652	19,1	32,2	58,9

4.2. Ketelitian Komponen X, Y Dan Z

Berdasarkan hasil pengolahan data GPS menggunakan Software Geogenius, diperoleh nilai simpangan baku XYZ tahun 2018 dan 2017. Nilai simpangan baku tersebut digunakan untuk melihat ketelitian koordinat XYZ pada setiap tahunnya. Pada **Gambar 4** menunjukkan perbandingan ketelitian koordinat XYZ selama satu tahun yaitu pada Tahun 2018 dan 2017.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Ketelitian Koordinat X, Y Dan Z Tahun 2018 dan 2017

Berdasarkan pada Gambar 6, rata-rata ketelitian paling baik terletak pada titik P1 untuk tahun 2018 dan 2017. Rata-rata ketelitian paling rendah terletak pada titik P5 untuk tahun 2018 dan 2017. Jika diurutkan dari ketelitian paling baik hingga ketelitian paling rendah untuk tahun 2018 dan 2017 terletak dari titik P1, P6, P4, P7, P8, P3, P2, dan P5.

4.3. Nilai Pergerakan Horizontal dan Vertikal

Pada **Tabel 5** menunjukkan nilai perbedaan koordinat XYZ selama satu tahun. Pada **Tabel 6** menunjukkan nilai pergerakan horizontal dan vertikal serta arah pergerakan horizontal selama satu tahun yaitu dari tahun 2017 hingga tahun 2018. Selanjutnya pada **Gambar 7** menggambarkan besar dan arah pergerakan tanah di clapar dalam waktu satu tahun (2017 s.d 2018). Pada nilai pergerakan vertikal terdapat nilai negatif, itu menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan tanah, jika nilai positif berarti menunjukkan adanya kenaikan tanah.

Tabel 5. Nilai Perbedaan Koordinat Xyz Dari Tahun 2017 Hingga 2018

TITIK	Xi (m)	Yi (m)	Zi (m)	Xi (mm)	Yi (mm)	Zi (mm)
P1	-0,01041	-0,00555	-0,0690	-10,41	-5,55	-69,0
P2	0,04869	0,02256	-0,0140	48,69	22,56	-14,0
P3	0,02288	0,04367	-0,1000	22,88	43,67	-100,0
P4	-0,16957	-0,56346	-0,3110	-169,57	-563,46	-311,0
P5	-0,14401	-0,04493	-0,1030	-144,01	-44,93	-103,0
P6	-0,00699	-0,02428	0,1080	-6,99	-24,28	108,0
P7	0,03262	-0,04229	0,0920	32,62	-42,29	92,0
P8	-0,0902	-0,09332	0,0690	-90,2	-93,32	69,0

Tabel 6. Nilai Dan Arah Pergerakan Horizontal Dan Vertikal Dari Tahun 2017 Hingga 2018

TITIK	HORIZONTAL (m)	VERTIKAL (m)	HORIZONTAL (mm)	VERTIKAL (mm)	ARAH (RADIAN)
P1	0,011797058	-0,0690	11,79705845	-69,0	1,080989
P2	0,053662554	-0,0140	53,66255418	-14,0	1,136905
P3	0,049300742	-0,1000	49,3007422	-100,0	0,482607
P4	0,588422602	-0,3110	588,4226019	-311,0	0,292323
P5	0,150856173	-0,1030	150,8561732	-103,0	1,268374
P6	0,025266154	0,1080	25,2661537	108,0	0,280311
P7	0,053408881	0,0920	53,40888055	92,0	-0,65702
P8	0,129786988	0,0690	129,7869879	69,0	0,768399

4.4. Hasil Analisis Pergerakan Horizontal dan Vertikal

Nilai pergerakan horizontal dan vertikal yang telah diperoleh dalam waktu satu tahun yaitu dari tahun 2017 s.d 2018, selanjutnya dilakukan analisis pergerakan horizontal dan vertikal menggunakan uji statistik, yaitu uji beda signifikansi parameter. Uji statistik tersebut dilakukan untuk mengetahui bahwa nilai pergerakan horizontal dan vertikal yang didapat, disebabkan oleh adanya pergerakan ataukah hanya karena disebabkan oleh adanya kesalahan acak pada pengukuran titik-titik kontrol tersebut. Pada **Tabel 7** menunjukkan hasil uji beda signifikansi parameter.

Tabel 2. Hasil Uji Beda Signifikansi Parameter

TITIK	Uji terhadap beda X	Hasil Uji	Uji terhadap beda Y	Hasil Uji	Uji terhadap beda Z	Hasil Uji
P1	-0,78986	tdk signifikan	-0,27063	tdk signifikan	-123,353	signifikan
P2	1,223657	tdk signifikan	0,530471	tdk signifikan	-87,7944	signifikan
P3	0,857916	tdk signifikan	1,799926	tdk signifikan	-161,472	signifikan
P4	-8,96093	signifikan	-17,8321	signifikan	-367,992	signifikan
P5	-4,29355	signifikan	-4,81612	signifikan	-192,471	signifikan
P6	-0,43608	tdk signifikan	-1,07706	tdk signifikan	48,95214	signifikan
P7	1,180916	tdk signifikan	-1,9301	tdk signifikan	33,47787	signifikan
P8	-4,57438	signifikan	-2,87919	tdk signifikan	9,099917	signifikan

Berdasarkan pada Tabel 7 menunjukkan bahwa hasil ujinya signifikan untuk pergerakan secara vertikal di semua titik kontrol, selanjutnya pada titik P4 dan P5 mengalami pergerakan horizontal juga dengan ditunjukkan hasil yg signifikan pada uji statistiknya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil penelitian adalah berdasarkan hasil yang diperoleh dari uji statistik yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa nilai pergerakan horizontal dan vertikal yang terjadi selama satu tahun dari tahun 2017 s.d 2018 terjadi pada titik kontrol P4 dan P5. Untuk P1 hingga P8 telah terjadi pergerakan secara vertikal saja. Oleh karena itu titik kontrol P1, P2, P3, P6, P7, dan P8 tidak mengalami pergerakan secara horizontal.

Hal tersebut sesuai dengan kondisi selama pengukuran, yaitu dalam waktu satu tahun telah terjadi hujan dalam waktu yang cukup lama. Sehingga terjadi pergerakan baik secara horizontal maupun vertikal pada titik-titik kontrol tersebut. Pada **Tabel 8** menunjukkan besarnya nilai pergerakan horizontal dan vertikal yang terjadi dari tahun 2017 s.d 2018.

Tabel 8. Besar Pergerakan Horizontal dan Vertikal Yang Terjadi

TITIK	HORIZONTAL (m)	VERTIKAL (m)	HORIZONTAL (mm)	VERTIKAL (mm)
P1	tidak mengalami	-0,0690	tidak mengalami	-69,0
P2	pergerakan	-0,0140	pergerakan	-14,0
P3	horizontal	-0,1000	horizontal	-100,0
P4	0,588422602	-0,3110	588,4226019	-311,0
P5	0,150856173	-0,1030	150,8561732	-103,0
P6	tidak mengalami	0,1080	tidak mengalami	108,0
P7	pergerakan	0,0920	pergerakan	92,0
P8	horizontal	0,0690	horizontal	69,0

Berdasarkan **Tabel 8** menunjukkan bahwa pada titik kontrol P4 mengalami pergerakan horizontal sebesar 0,58 meter, dan titik kontrol P5 mengalami pergerakan horizontal sebesar 0,15 meter. Selanjutnya pada titik kontrol P4 mengalami pergerakan vertikal paling tinggi sebesar 0,31 meter, untuk titik kontrol P2 mengalami pergerakan vertikal paling kecil yaitu sebesar 0,01 meter. Tanda minus pada pergerakan vertikal menunjukkan adanya pergerakan turun.

5.2. Saran

Adapun beberapa hal yang dapat dijadikan saran yaitu, pengukuran dilakukan pada kondisi metereologi yang relatif sama antara tahun 2017 dan tahun 2018 karena hasil pengamatan sangat dipengaruhi oleh kondisi metereologi saat pengukuran. Perlu informasi dari bidang lain seperti, status fisik, sifat materi, tegangan, dan hubungan beban agar hasil yang diperoleh benar-benar akurat.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Jurusan Teknik Geomatika UPN “Veteran” Yogyakarta atas dukungan dan fasilitas yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z., Andreas, H., Gamal, M., Sadarviana, V., Darmawan, D., Surono, Hendrasto, M. and Suganda, O. K. (2007) Studying Landslide Displacements in the Ciloto Area (In-donesia) Using GPS Surveys, *Journal of Spatial Science*, Mapping Science Institute Australia, Vol. 52, No. 1. Website :http://www.mappingsciences.org.au/journal/june_07.html
- Apriyanti, D., 2014, *Analisis Pergerakan Horizontal Waduk Sermo Tahun 2012-2013 Berdasarkan Hasil Hitung Perataan Parameter Berbobot*, Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

- Caspary, W.F., 1987, *Concept of Network and Deformation Analysis*, 1st, Edition School of Surveying, The University of New South Wales, Monograph 11, Kensington, N.S.W.
- Gikas, V. dan Sakellariou, M., 2008, *Horizontal Deflection Analysis of a Large Earthen Dam by Means of Geodetic and Geotechnical Methods*, 13th FIG Symposium on Deformation Measurement and Analysis, Inec, Lisbon.
- Howard, A.D. 1967. Drainage Analysis in Geologic Interpretation: *A Summation*, *AAPG Bulletin*, vol. 51, hal. 2246-2259.
- NASA, "The IGS Tracking Network", <https://igsb.jpl.nasa.gov/network/complete.html> (diakses tanggal 13 Mei 2015).
- Postuma, J.A. 1971. *Manual of Planktonic Foraminifera: Royal Dutch/Shell Group*, The Hague, Netherlands.
- Rickard, M.J. 1972. Fault Classification Discussion: *Geological Society of America Bulletin*, vol. 83, hal. 2545-2546.
- Rizos, C., 1997, "Principles and Practice of GPS Surveying". The School of Geomatic Engineering, The University of New South Wales, Sydney, Australia.
- Streckeisen, A., 1967. Classification and nomenclature of igneous rocks: *Nues Jarbuch fur Mineralogie Abhandlungen*, vol. 107, hal. 144-240 van Zuidam, R.A. 1979. *Terrain Analysis and Classification using Aerial Photographs: A Geomorphological Approach* ITC, Text Book.
- Verstappen. 1985. *Geomorphological Surveys for Enviromental Development*: Elsevier Science Publishing Company Lnc, Amsterdam.
- Widjajanti, N., 2010, "Deformation Analysis of Offshore Platform using GPS Technique and its Application in Structural Integrity Assessment", *Ph.D Disertasi*, Universiti Teknologi PETRONAS, Malaysia.