

PEMANFAATAN TEKNOLOGI GPS UNTUK PEMANTAUAN PERGERAKAN TANAH DAN KORELASINYA DENGAN ZONASI KERENTANAN GERAKAN TANAH

(Studi Kasus: Kampung Singkup, Desa Ciherang, Kecamatan Sumedang Selatan, Kabupaten Sumedang)

Anisah¹, Eko Yuli Handoko¹, Anas Luthfi², Jojon Sutarjono².

¹Program Studi Teknik Geomatika, FTSP, ITS-Sukolilo, Surabaya-60111

²Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi

Abstrak

Desa Ciherang yang terletak di Kecamatan Sumedang Selatan Kabupaten Sumedang, Jawa Barat merupakan salah satu daerah yang sering mengalami fenomena gerakan tanah (landslide), terutama selama musim hujan. Bencana ini tidak hanya menghancurkan lingkungan hidup serta sarana dan prasarana, tapi juga umumnya menimbulkan korban jiwa. Oleh karena itu proses pemantauan bahaya dan mitigasi bencana pergerakan tanah ini adalah sangat penting dilakukan secara baik dan berkesinambungan.

Banyak metode dan teknik yang telah diterapkan untuk mempelajari fenomena gerakan tanah di daerah ini, dimana salah satunya adalah metode survei GPS. Survei GPS yang telah dilakukan adalah sebanyak empat kali dengan selang waktu antara lain 0,8 bulan, 16,5 bulan dan 19 bulan.

Penelitian ini menggunakan data survei GPS dan data penunjang berupa data geologi yang akan digunakan dalam proses analisa arah gerakan tanah. Selain analisa arah gerakan tanah, dalam penelitian ini pun akan diprediksi perubahan tinggi titik pada tiap kala.

Hasil dari survei GPS menunjukkan bahwa kecepatan perpindahan posisi yang didapat termasuk dalam kelas sangat lambat yaitu dibawah $3 \times 10^{-5} - 9 \times 10^{-7}$ cm/detik. Selain itu hasil dari survei GPS pun akan dikorelasikan dengan zonasi kerentanan gerakan tanah daerah Ciherang agar dapat diketahui hubungan antara satu sama lain.

Kata Kunci : Gerakan Tanah, Desa Ciherang, Survei GPS, Zonasi Kerentanan Gerakan Tanah.

PENDAHULUAN

Gerakan tanah merupakan peristiwa alam yang seringkali membawa bencana dan kerugian yang tidak sedikit, baik berupa harta benda maupun jiwa manusia. Salah satu gerakan tanah yang besar dan dampaknya mengganggu kelancaran arus lalu lintas dan mengancam pemukiman di daerah Sumedang adalah gerakan tanah yang terjadi di Kp. Singkup, Desa Ciherang, Kecamatan Sumedang selatan, Kabupaten Sumedang. Bencana ini bisa menimbulkan kerugian yang cukup besar akibat nendatnya badan jalan propinsi serta telah merusakkan pemukiman maupun bangunan tempat peribadatan.

Oleh karena itu perlu dilakukan suatu pemantauan gerakan tanah yang dimaksudkan untuk mengetahui tingkat aktifitas gerakan tanah berdasarkan besar dan arah kecepatan titik geser terhadap titik acuan (titik tetap). Pemantauan gerakan tanah pada daerah ini adalah pemantauan perubahan jarak, beda tinggi, sudut ataupun koordinat antara / dari titik-titik yang mewakili daerah studi.

Adapun salah satu metode pemantauan pergerakan tanah adalah dengan metode survei GPS. Prinsip dari metode survei GPS ini adalah dengan membandingkan koordinat dari beberapa titik di daerah rawan gerakan tanah

yang diperoleh dari beberapa survei GPS yang dilakukan dengan selang waktu tertentu.

Hasil yang diperoleh berdasarkan survei GPS akan dikorelasikan dengan zonasi kerentanan gerakan tanah Desa Cihérang yang telah dibuat. Korelasi antara hasil dari survei GPS dengan zonasi kerentanan gerakan tanah harus disesuaikan dengan ketentuan berdasarkan tingkat kerentanan yang sudah ditetapkan.

Perumusan Masalah

Bagaimana cara mendeteksi tingkat aktivitas dari gerakan tanah dengan metode GPS agar tidak terjadi dampak yang buruk akibat bencana yang ditimbulkan oleh gerakan tanah serta korelasinya dengan zonasi kerentanan gerakan tanah yang dijadikan sebagai informasi awal dalam upaya mitigasi bencana alam gerakan tanah.

Batasan Masalah

1. Pengolahan data dengan menggunakan software SKI-PRO 2.1 untuk mendapatkan data koordinat tiap titik.
2. Analisis pergerakan yang dilakukan adalah analisis pergeseran secara horizontal dan vertikal, serta analisis hidrogeologi.
3. Analisis arah gerakan tanah hasil survei GPS dengan hasil dari kondisi hidrogeologi.
4. Korelasi antara metode GPS dengan zonasi kerentanan gerakan tanah.

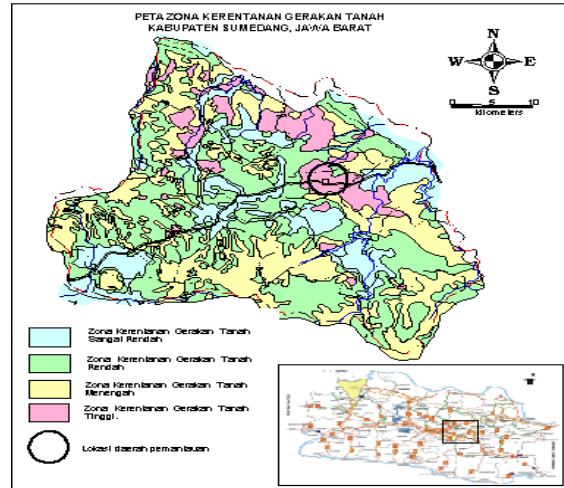
Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui tingkat aktifitas gerakan tanah berdasarkan besar dan arah kecepatan titik geser terhadap titik acuan (titik tetap).
2. Untuk mengetahui hubungan antara hasil survei GPS dengan Zonasi Kerentanan Gerakan Tanah.

AREA PENELITIAN

Lokasi daerah pemantauan terletak pada daerah yang rawan terjadi longsor yaitu : di

Kampung Singkup, Desa Cihérang, Kecamatan Sumedang Selatan, Kabupaten Sumedang, tepatnya pada sekitar Km 36 – 36,7 dari Bandung, sedangkan untuk identifikasi terletak di sepanjang jalur Bandung – Sumedang. Secara geografis terletak pada koordinat $107^{\circ} 51' 46,08''$ - $107^{\circ} 52' 11,09''$ BT dan $06^{\circ} 52' 35,25''$ - $06^{\circ} 52' 52,64''$ LS.



Gambar 1. Area Penelitian
(<http://www.google.com>)

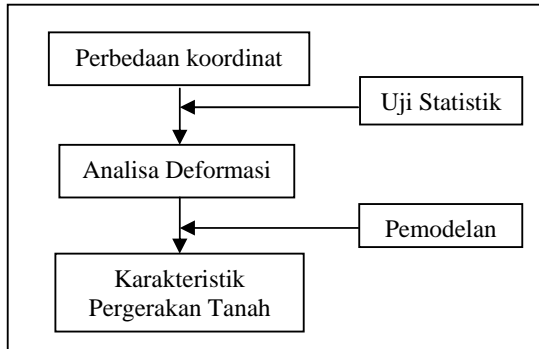
Pengamatan Gerakan Tanah dari Aspek Geologi

Pengamatan gerakan tanah dilakukan dengan mempelajari data geologi, kejadian gerakan tanah terdahulu maupun data sekunder lainnya yang terkait dengan daerah pengamatan. Melalui tahapan tersebut kemudian dilakukan pengamatan langsung di lapangan yang meliputi pengamatan sebaran gerakan tanah dan arah gerakan tanah serta dimensinya termasuk penilaian terhadap faktor geomorfologi, geologi, keairan, curah hujan, dan tata lahan.

Pengamatan Gerakan Tanah dengan Metode Survei GPS

Prinsip studi gerakan tanah dengan metode survei GPS adalah dengan membandingkan koordinat dari beberapa titik pada daerah rawan gerakan tanah yang diperoleh dari

beberapa survei GPS yang dilakukan dengan selang waktu tertentu. Karakteristik gerakan tanah diperoleh dengan melakukan analisa pergeseran terhadap perbedaan koordinat titik-titik GPS yang diperoleh tersebut.



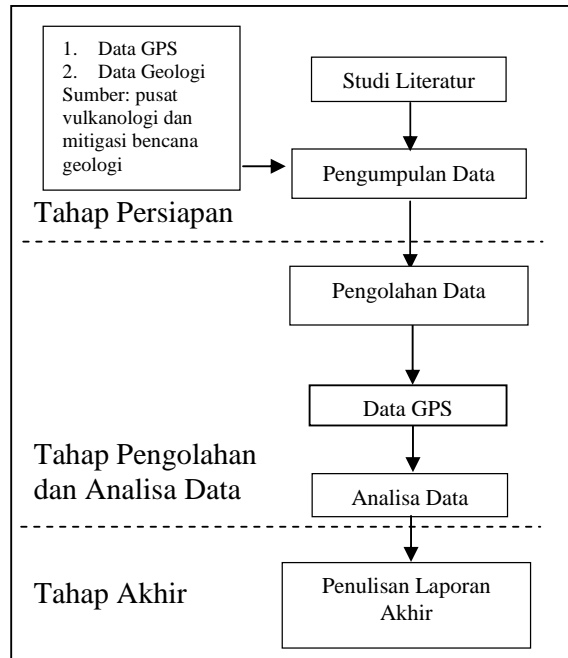
Gambar 2. Prinsip Studi Gerakan Tanah dengan GPS (Abidin, H.Z. 2007)

Survei GPS yang dilakukan dalam pemantauan gerakan tanah ini adalah dengan metode statik. Penentuan posisi secara statik adalah penentuan posisi dari titik-titik yang statik (diam).

Pengukuran GPS di daerah ciherang dilakukan selama 4 kala yaitu : Kala 1(tanggal 12-13 Mei 2005), kala 2 (tanggal 9 Juni 2005), kala 3 (tanggal 25-26 September 2006), dan kala 4 (tanggal 5-6 Maret 2008)

DATA DAN METODOLOGI

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pengamatan GPS (kala 1, kala 2, kala 3 dan kala 4), peta geologi Lembar Bandung skala 1:100.000 dan peta zonasi kerentanan gerakan tanah Desa Ciherang skala 1:50.000, data curah hujan dan data geologi lainnya (sumber : Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi). Adapun metodologi penelitian secara skematik dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Metodologi Penelitian

PENGOLAHAN DATA DAN HASIL

Pengolahan data keempat survei GPS dilakukan dengan menggunakan *software* SKIPro 2.1. Pada umumnya pada suatu jaring GPS harus ada satu atau beberapa titik tetap (titik referensi) yang telah diketahui koordinatnya dalam sistem WGS-84, sehingga untuk pengadaan titik tetap yang baru tersebut, penentuannya dapat dilakukan dengan model absolut ataupun relatif yaitu dengan menggunakan data GPS yang diamati dengan *receiver* tipe geodetik dua frekuensi. Namun, pada penelitian ini titik referensi yang digunakan hanya satu titik yaitu titik REFF AA, dimana titik ini mempunyai ruang pandang ke langit yang lebih luas selain itu titik ini adalah titik yang dianggap sebagai titik stabil dalam penelitian ini. Oleh sebab itu titik ini tidak akan mengalami fenomena gerakan tanah karena letaknya yang berada di luar kawasan gerakan tanah. Jarak antar titik REFF AA dengan titik-titik GPS lainnya berkisar antara 200 sampai 500 meter. Koordinat titik REFF AA ditentukan dari pengukuran terestris yang telah dilakukan sebelumnya dan diikatkan pada titik BAKOSURTANAL di Cibinong yang merupakan titik geodetik orde

0 dari Jaring Kerangka Geodetik Nasional. Dibawah ini adalah tabel perbedaan koordinat titik pantau GPS tiap kala.

Tabel 1. Beda Koordinat Tiap Kala (Hasil Pengolahan Data)

Titik	Beda Koordinat (cm)		
	kala 1-2		
	dE12	dN12	dh12
M01	-0,64	5,18	-3,08
M02	0,31	1,71	-10,11
M03	-13,25	7,32	-11,43
M04	-46,26	-7,1	4,54
M05	0,82	-0,27	0,81
M06	0,43	-0,46	3,61
M07	1,35	-1,14	-0,44
Titik	kala 2-3		
	dE23	dN 23	dh 23
	M01	1,13	-5,2
M02	0,18	-1,96	16,66
M03	9,76	-6,03	7,9
M04	29,48	3,22	-10,68
M05	-0,56	-1,89	6,45
M06	1,64	-0,29	0,79
M07	-2,6	-0,34	7,08
Titik	kala 3-4		
	dE34	dN34	dh 34
	M01	18,29	-1,01
M02	-0,83	-1,67	-42,22
M03	-71,97	-21,48	292,51
M04	-231,94	184,38	-2192,78
M05	-1,58	-5,89	8,86
M06	0,72	-1,29	5,73
M07	-2,31	2,85	2,03

Pada tabel 1 diatas secara sepintas terlihat titik M03 dan M04 pada kala 3-4 mengalami pergeseran yang sangat besar. Hal ini disebabkan karena titik M03 dan M04 mempunyai obstruksi yang kurang bagus sehingga mempengaruhi kualitas data yang diperoleh. Selain itu pergeseran setiap titik yang terjadi berkisar antara -71,97 cm sampai 29 cm. Titik-titik yang mempunyai pergeseran yang cukup besar, baik dalam arah horisontal maupun vertikal bisa dianggap sebagai kesalahan dalam pengolahan data GPS yang belum optimal, maka efek multipath merupakan faktor-faktor penyebab yang dapat dicurigai (Abidin,dkk. 2001).

Oleh karena itu untuk mengetahui pergeseran setiap titik dapat dikatakan signifikan atau tidak maka dilakukan uji hipotesa nol (T-Student). Berikut hasil dari uji hipotesa nol T-Student disajikan pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Uji Hipotesa Nol Tiap Titik (Hasil Pengolahan Data)

Uji Statistik Kala 1-2				Pergeseran signifikan?
Titik	δd_{12}	$\sigma \delta d_{12}$	T> 2,576	
M01	6,06	0,74	8,15	YA
M02	10,26	2,12	4,84	YA
M03	18,97	2,23	8,5	YA
M04	47,02	0,78	60,13	YA
M05	1,18	0,7	1,7	TIDAK
M06	3,66	0,91	4,01	YA
M07	1,82	0,41	4,43	YA
Uji Statistik Kala 2-3				Pergeseran signifikan?
Titik	Δd_{23}	$\sigma \delta d_{23}$	T> 2,576	
M01	8,35	0,87	9,56	YA
M02	16,78	2,07	8,11	YA
M03	13,93	2,45	5,68	YA
M04	31,52	0,74	42,67	YA
M05	6,74	0,92	7,32	YA
M06	1,84	0,39	4,68	YA
M07	7,55	9,15	0,83	TIDAK
Uji Statistik Kala 3-4				Pergeseran signifikan?
Titik	Δd_{34}	$\sigma \delta d_{34}$	T> 2,576	
M01	21,69	0,64	65,89	YA
M02	42,26	0,69	434,55	YA
M03	302	53	41,75	YA
M04	2212,71	178,53	0,06	TIDAK
M05	10,76	0,75	7,91	YA
M06	5,92	0,92	4,57	YA
M07	4,19	4,72	0	TIDAK

Hasil dari uji hipotesa nol dengan distribusi T-Student pada tabel 2 diatas menunjukkan bahwa secara umum pergeseran semua titik adalah signifikan, kecuali untuk titik M05 pada kala 1-2 dan titik M07 pada kala 2-3, serta titik M07 pada kala 3-4 tidak mengalami pergeseran yang signifikan. Untuk titik M03 dan M04 pada kala 3-4 diatas mempunyai nilai T sebesar 41,75 dan 0,06 tetapi pada dasarnya titik-titik ini diabaikan karena data yang didapat tidak optimal, namun pada tabel diatas tetap dicantumkan karena hanya sebagai perbandingan saja dengan periode sebelumnya.

Titik M04 pada kala 1-2 dan kala 2-3 serta titik M02 pada kala 3-4 mempunyai nilai T yang sangat besar, hal ini menunjukkan bahwa pada titik-titik tersebut terjadi pergeseran yang signifikan, artinya bahwa pergeseran tersebut betul-betul merupakan pergeseran sebenarnya dilapangan.

Sedangkan untuk mengetahui titik pantau GPS yang paling aktif secara kumulatif dari semua

kala yang ada dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1.1) dan dapat dilihat hasilnya pada tabel 3 dan 4.

- Kala 1-2 : (dE₁₋₂, dN₁₋₂, dh₁₋₂)
- Kala 2-3 : (dE₁₋₂ + dE₂₋₃), (dN₁₋₂ + dN₂₋₃), (dh₁₋₂ + dh₂₋₃)
- Kala 3-4 : (dE₁₋₂ + dE₂₋₃ + dE₃₋₄), (dN₁₋₂ + dN₂₋₃ + dN₃₋₄), (dh₁₋₂ + dh₂₋₃ + dh₃₋₄).....(1.1)

Tabel 3. Perpindahan Posisi Horizontal secara Kumulatif (Hasil Pengolahan Data)

TITIK	Kala 1-2 (m)	Kala 2-3 (m)	Kala 3-4 (m)
M01	0,052	0,1054	0,2886
M02	0,017	0,0371	0,0557
M03	0,151	0,2661	1,0172
M04	0,468	0,7646	3,7275
M05	0,009	0,0283	0,0893
M06	0,006	0,0230	0,0377
M07	0,018	0,0439	0,0806

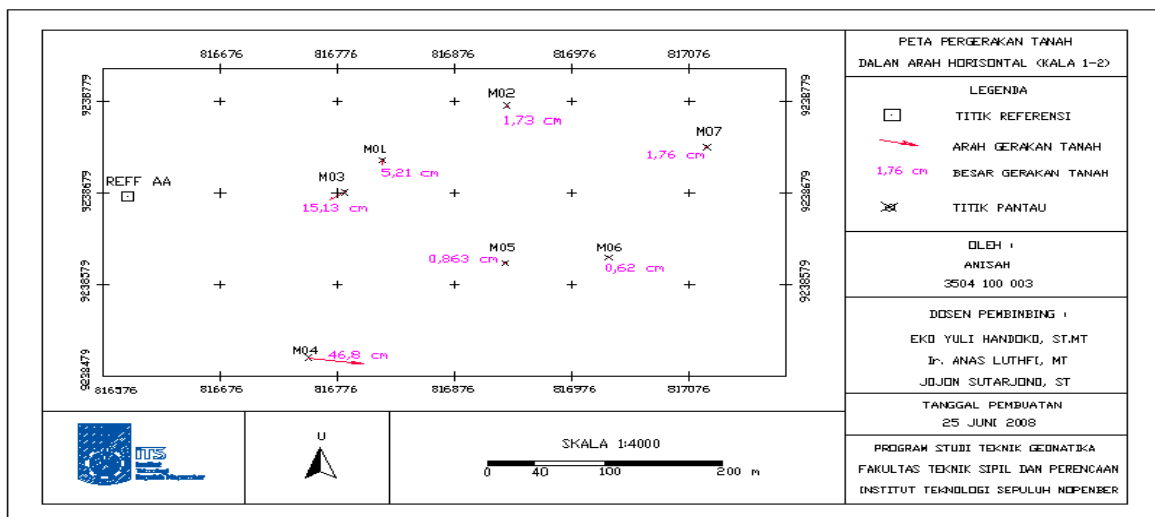
Pada tabel 3 diketahui bahwa titik M03 dan M04 pada tiap kala memiliki perpindahan posisi horizontal yang besar yaitu sebesar 0,151 m (kala 1-2), 0,2661 m (kala 2-3) untuk titik M03, serta titik M04 sebesar 0,468 m (kala 1-2), 0,7647 m (kala 2-3). Besarnya perpindahan tersebut menandakan pada titik

M03 dan M04 pada umumnya mempunyai titik pantau yang aktif pada setiap kala.

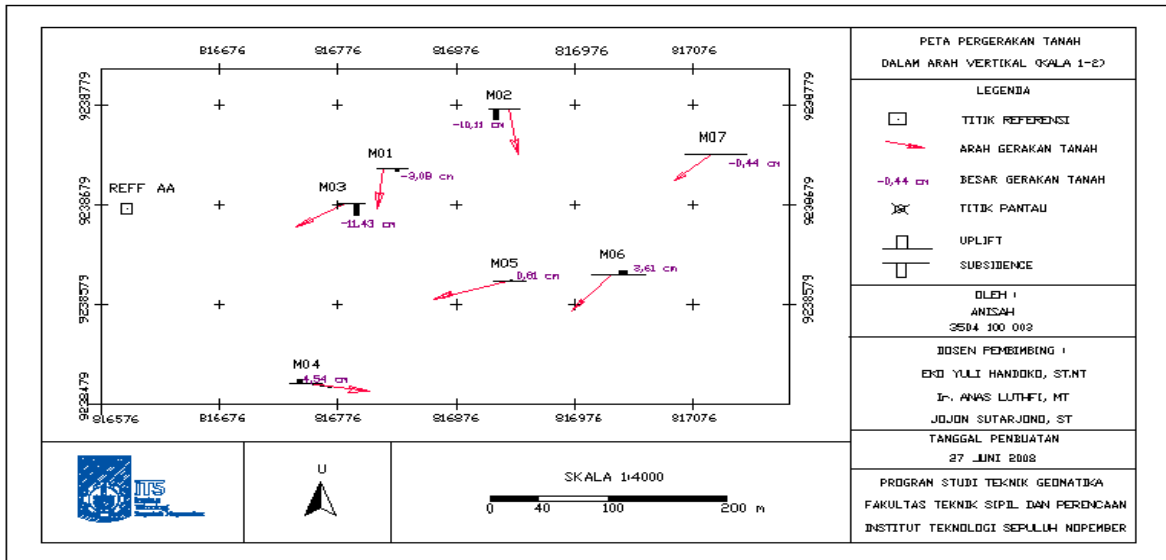
Tabel 4. Perpindahan Posisi Vertikal secara Kumulatif (Hasil Pengolahan Data)

TITIK	dh12 (m)	dh23 (m)	dh34 (m)
M01	-0,0308	0,0336	-0,0826
M02	-0,1011	0,0655	-0,3567
M03	-0,1143	-0,0353	2,8898
M04	0,0454	-0,0614	-21,9892
M05	0,0081	0,0726	0,1612
M06	0,0361	0,044	0,1013
M07	-0,0044	0,0664	0,0867

Dan pada tabel 4 titik M03 dan M04 pada kala 3-4 mempunyai perpindahan posisi vertikal yang paling besar dan kecil yaitu sebesar 2,8898 m dan -21,9892 m. Hal ini disebabkan karena titik tersebut mempunyai obstruksi yang kurang bagus sehingga menyebabkan data yang didapat merupakan akibat dari efek multipath. Besarnya pergerakan tanah dalam arah horisontal dan vertikal tiap titik pada kala 1-2 dapat dilihat pada gambar 4 dan 5 sedangkan untuk keseluruhan titik pada setiap kala ada pada halaman lampiran.



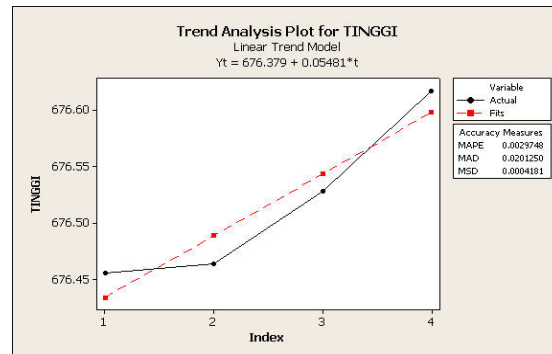
Gambar 4. Pergerakan Tanah Dalam Arah Horisontal (Kala 1 – 2)



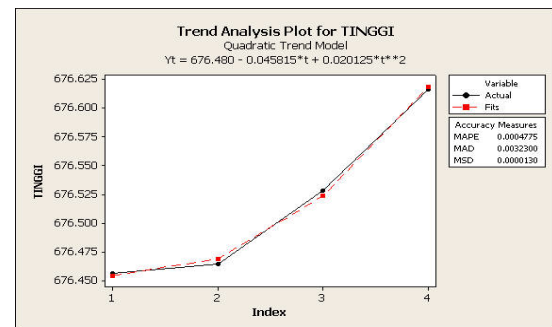
Gambar 5. Pergerakan Tanah Dalam Arah Vertikal (Kala 2 - 3)

Arah gerakan tanah pada gambar 5 didapatkan berdasarkan hasil survei GPS. Arah gerakan tanah yang terlihat tidak menunjukkan konsistensi atau menunjukkan ketidakberaturan arah gerakan tanah. Apabila dihubungkan dengan kondisi fisik daerah pemantauan maka ketidak-beraturan arah gerakan tanah ini disebabkan adanya material yang bergerak dengan volume yang besar sehingga menyebabkan perubahan terhadap arah dan besar pergerakan yang terjadi. Nilai perpindahan vertikal pada tabel 4 yang tervisualisasikan pada gambar 5 menunjukkan adanya nilai positif (+) dan negatif (-). Nilai positif menandakan pada titik tersebut terjadi *uplift* atau pengangkatan permukaan tanah dan nilai negatif menandakan bahwa pada titik tersebut mengalami penurunan (*subsidence*). Terjadinya *uplift* karena adanya akumulasi tekanan pada beberapa titik pantau sedangkan terjadinya penurunan /amblesan disebabkan karena akumulasi tekanan yang sudah melewati batas maksimum. Model perubahan vertikal suatu titik pengamatan pada setiap kala didekati dengan suatu fungsi linier dan kuadratik dari suatu analisa Time Series untuk memprediksi posisi gerakan tanah berikutnya. Dibawah ini adalah

gambar model perubahan posisi vertikal setiap kala pada titik M05.



Gambar 6. Model Perubahan Tinggi dengan Fungsi Linier



Gambar 7. Model Perubahan Tinggi dengan Fungsi Kuadratik

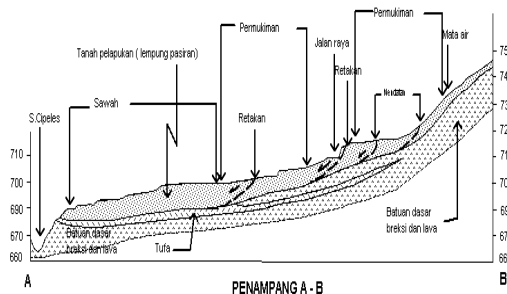
ANALISA DATA

Analisa Metode Hidrogeologi Aspek Geologi

- Kemiringan Lereng
Kemiringan lereng daerah pemantauan agak terjal hingga sangat terjal ($15^\circ - 35^\circ$) sehingga massa tanah mudah bergerak.
- Struktur Batuan dan Lapisan Tanah
Adanya lapisan lempung (batu lempung) yang bertindak sebagai bidang gelincir, sehingga massa batuan breksi yang menumpang di atasnya bergerak menuju lembah sungai Cipeles.
- Kondisi Curah Hujan
Air permukaan dalam hal ini curah hujan yang tinggi pada saat kejadian sebagai pemicu terjadinya gerakan tanah di daerah ini. Selain itu juga muka air tanah di daerah ini cukup dangkal saat musim hujan dan kondisi lereng dibagian bawah badan jalan hingga ke tepi Sungai Cipeles merupakan persawahan basah, sehingga daerah ini sangat rawan terjadi gerakan tanah.

Arah Gerakan Tanah Menurut Kondisi Geologi.

Pada gambar 6 dapat dilihat arah gerakan tanah yang terjadi. Menurut kondisi geologi arah gerakan tanah dapat diprediksi berdasarkan struktur batuan dan lapisan tanah di daerah pemantauan.



Gambar 8. Arah gerakan Tanah Menurut kondisi Geologi (Sutarjono, Jojon. 2007)

Arah pergeseran yang dapat dilihat pada gambar 6 mengarah ke arah tenggara lembah sungai cipeles. Hal ini terjadi karena lapisan

tanah yang berada di sekitar pemantauan adalah jenis tanah pelapukan atau tanah lempung pasir serta batuan yang terdapat di daerah pemantauan umumnya dari Hasil gunung api tua breksi (Qvb) yang terdiri dari breksi gunungapi dan aliran lahar, dengan susunan komponennya antara andesit dan basal. Selain itu faktor kemiringan lereng daerah pemantauan merupakan salah satu faktor penting penyebab terjadinya gerakan tanah.

Korelasi Metode GPS dengan Zonasi Kerentanan Gerakan Tanah

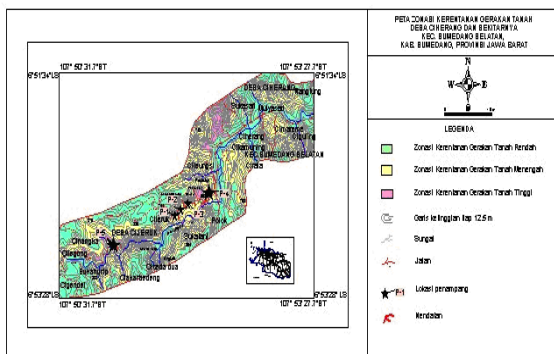
Berdasarkan hasil survei GPS maka desa Ciherang masih terjadi pergerakan yang aktif dengan besarnya perpindahan posisi yang terjadi termasuk dalam kelas sangat lambat yaitu dibawah $3 \times 10^{-5} - 9 \times 10^{-7}$ cm/detik, sesuai dengan yang didefinisikan oleh Cruden dan Varnes tahun 1992 (Abranson dkk,1996).

Apabila dilihat pada gambar 8 retakan/nendatan yang terjadi sebagian besar terletak pada zonasi tingkat kerentanan tinggi. Tetapi berdasarkan data dilapangan, nendatan mempunyai panjang antara 25 – 250 meter dengan penurunan antara 10 – 50 cm serta retakan mempunyai panjang 25 – 275 meter dengan lebar rekahan antara 1 – 5 cm maka jika besarnya nendatan/retakan yang terjadi disesuaikan dengan ketentuan batasan lebar ukuran gerakan tanah maka daerah penelitian mempunyai gerakan tanah sangat kecil dan termasuk pada tingkat kerentanan gerakan tanah rendah sampai menengah. Di bawah ini adalah keterangan tingkat kerentanan gerakan tanah yang sudah ditetapkan yaitu:

1. Zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah (), dimana daerah yang berada pada zona ini adalah sangat jarang atau tidak pernah terjadi gerakan tanah, mempunyai kemiringan lereng kurang dari 15%.
2. Zona kerentanan gerakan tanah rendah (), dimana daerah yang berada pada zona ini adalah jarang terjadi gerakan tanah, kecuali bila mengalami gangguan pada lerengnya dan mempunyai

- kemiringan lereng mulai landai (5-15%) sampai sangat terjal (50-70%).
3. Zona kerentanan gerakan tanah menengah (), dimana daerah yang berada pada zona ini adalah mempunyai kemiringan lereng agak terjal (15-30%) sampai curam (>70%).
 4. Zona kerentanan gerakan tanah tinggi (), dimana daerah yang berada pada zona ini adalah mempunyai kemiringan lereng yang terjal (30-50%) sampai curam (> 70%).

Oleh karena itu, jika dikorelasikan dengan zonasi kerentanan gerakan tanah, maka hasil yang diperoleh berdasarkan survei GPS termasuk ke dalam zona kerentanan gerakan tanah tingkat rendah sampai menengah. Jadi hal ini sudah sesuai dengan zonasi kerentanan gerakan tanah yang telah dibuat pada peta zonasi kerentanan gerakan tanah Desa Ciherang skala 1: 50.000 .



Gambar 9. Zonasi Kerentanan Gerakan Tanah (Sutarjono, Jojon. 2007)

KESIMPULAN

Penelitian tentang Pemanfaatan Teknologi GPS untuk Pemantauan Pergerakan Tanah dan Korelasinya dengan Zonasi Kerentanan Gerakan Tanah yang telah terukur secara geometrik dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Kondisi Geologi Daerah Pemantauan (Parameter Fisik):
 - Desa Ciherang sangat rawan bencana gerakan tanah terutama pada saat musim hujan.

- Gerakan tanah di Desa Ciherang berupa tipe longoran yang ditandai dengan adanya nendatan dan retakan.
- Kemiringan lereng daerah pemantauan agak terjal hingga sangat terjal (15° - 35°) sehingga massa tanah mudah bergerak.

2) Parameter Geometrik :

Secara umum nilai rata-rata pergeseran adalah sebagai berikut:

- Pergeseran horizontal dan vertikal yang terbesar terjadi pada titik M04. Hal ini disebabkan karena titik M04 mempunyai obstruksi yang kurang bagus sehingga mempengaruhi kualitas data yang didapat.
- Kecepatan perpindahan posisi yang didapat termasuk dalam kelas sangat lambat yaitu dibawah 3×10^{-5} - 9×10^{-7} cm/detik.
- Gerakan tanah yang terjadi pada daerah pemantauan termasuk pada klasifikasi gerakan tanah sangat kecil yaitu dengan ketentuan batas ukuran yang telah ditetapkan kurang dari 15 meter. Sehingga daerah pemantauan termasuk pada zonasi tingkat kerentanan gerakan tanah rendah sampai menengah.

SARAN

Pada hasil penelitian ini sebaiknya dilakukan beberapa hal untuk memperbaiki kekurangan yang ada, diantaranya sebagai berikut:

- Metode pemantauan yang digunakan harus dapat menghasilkan data yang akurat dan kontinyu sehingga dapat diperoleh perpindahan posisi akibat gerakan tanah secara berurut.
- Perpindahan posisi secara geometrik harus selalu disesuaikan dengan parameter fisik agar didapatkan hasil yang saling berhubungan satu sama lain.
- Pemodelan matematik yang digunakan harus mempunyai ketelitian yang tinggi sehingga hasil akhir yang diperoleh merupakan hasil yang akurat.

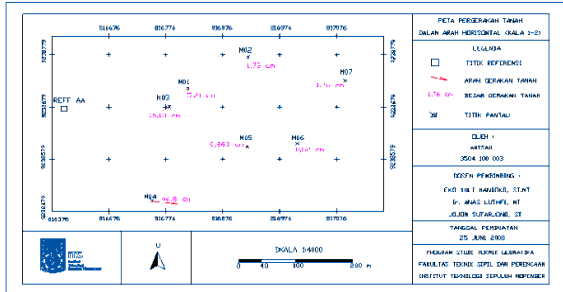
DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Hasanuddin Z. 2007. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. Jakarta : PT.Pradnya Paramita.
- Abidin, H.Z., Andreas, H., Gamal, M., Suro, dan Wendrasto, M. 2004. Studi Gerakan Tanah di Kawasan Rawan Longsor Ciloto (Jawa Barat) dengan Survei GPS. Jurnal JTM Vol.XI, No.1.PP.33-40.
- Abidin, H.Z., Jones, A., dan Kahar, J. 2002. Survei dengan GPS .Jakarta : PT.Pradnya Paramita.
- Aziz, Wan W.A, dan Khamarul A.R. 2003. An Appropriate GPS Technology For Landslide Monitoring At East-West Highway, Perak, Malaysia, < URL :<http://www.google.com>>. Dikunjungi pada tanggal 17 februari 2008 jam 19.30 wib.
- Djarwanto. 1996. Mengenal Beberapa Uji Statistik Dalam Penelitian. Yogyakarta : Liberty Yogyakarta.
- Hamdani, Rochman D.A. 2004. Deformasi Vertikal Permukaan Tanah dan Korelasinya dengan Penurunan Muka Air Tanah. Disertasi. Bandung: ITB.
- Handoko, Eko Yuli. 2004. Modul Ajar Geodesi Satelit II. Surabaya : Teknik Geodesi – ITS.
- Sadarviana, Vera. 2006. Pemanfaatan Metode Geodetik Untuk Mengestimasi Karakteristik, Tipe dan Bidang Gelincir Pada Zona Longsor Wilayah Studi : Zona Longsor Ciloto-Puncak, Jawa Barat. PhD-Disertasi, Institut Teknologi Bandung.
- Santoso, Imam. 1986. Geologi teknik. Surabaya : Teknik Sipil, FTSP-ITS.
- Suharyadi. 2006. Geologi Teknik. Yogyakarta : Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada.
- Sutarjono, Jojon. 2006. Laporan Ciherang. Bandung : Bidang Pengamatan Gempa Bumi dan Gerakan Tanah, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
- Sutarjono, Jojon. 2006. Peta Zonasi Kerentanan Gerakan Tanah Desa Ciherang skala 1: 50.000. Bandung : Bidang Pengamatan Gempa Bumi dan Gerakan Tanah, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
- Vernes, D.J. 1978. Slope Movement and Type and Processes, Landslide Analysis and Control, Special Report 176. Washington DC Transportation Research Board National Research Council.
- Wijaya, B.A. 2006. Studi Karakteristik Pergerakan Tanah di Ciloto secara Episodik menggunakan Metode Survei GPS. Prodi Teknik Geodesi dan Geomatika ITB.

LAMPIRAN

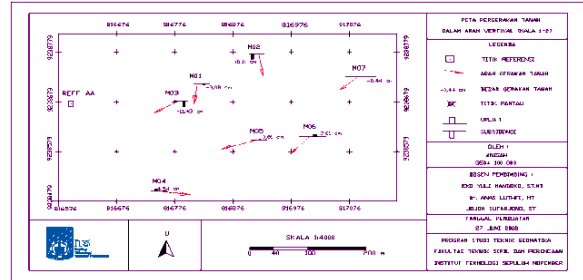
- Perubahan Posisi Horizontal Titik Pantau Secara Kumulatif

Kala 1-2

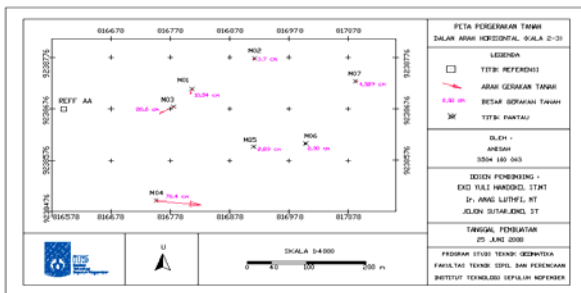


- Perubahan Posisi Vertikal Titik Pantau Secara Kumulatif

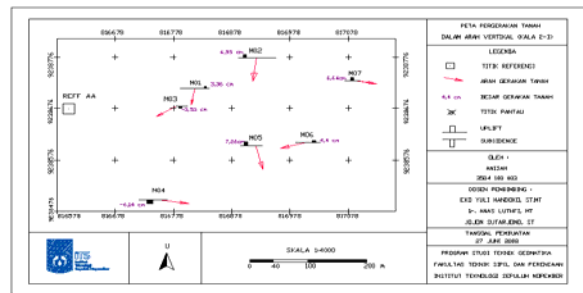
Kala 1-2



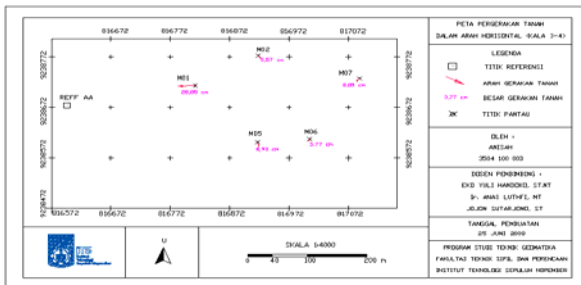
Kala 2-3



Kala 2-3



Kala 3-4



Kala 3-4

