

Struktur Resistivitas Dangkal Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Pergerakan Tanah

Bambang Wijatmoko*, Budy Santoso, Eleonora Agustine, Yudi Rosandi
Departemen Geofisika Fakultas MIPA Universitas Padjadjaran, Jalan Raya Bandung Sumedang Km 21,
Hegarmanah, Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat 45361, Indonesia.

*bwmoko@geophys.unpad.ac.id

Submisi: 05 Februari 2018; Penerimaan: 05 April 2019

Kata kunci:
resistivitas;
rawan longsor;
penyuluhan

Abstrak Wilayah Desa Cisempur terletak di lereng Gunung Geulis dengan topografi yang bervariasi. Perubahan fungsi lahan hutan menjadi kompleks perumahan terus berjalan seiring dengan bertambahnya kebutuhan areal pemukiman. Kemiringan lereng, pengurangan vegetasi, dan penambahan beban bangunan menjadikan daerah ini berpotensi rawan longsor. Untuk mengetahui tingkat kestabilan dan daya dukung lahan, maka perlu dilakukan pengkajian kondisi per lapisan batuan bawah permukaan. Penelitian ini membahas tentang struktur resistivitas dangkal yang diperoleh melalui teknik *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) pada dua lintasan pengukuran. Pengolahan data menggunakan metode inversi dua dimensi (2D) sehingga diperoleh penampang yang menggambarkan per lapisan batuan berdasarkan nilai resistivitasnya. Interpretasi terhadap kedua penampang mengindikasikan keberadaan lapisan pasir yang berasosiasi dengan akuifer dan lempung tuffaan yang dapat berperan sebagai bidang gelincir. Hasil pendugaan juga menunjukkan bahwa semakin kearah kompleks perumahan terdapat kecenderungan penurunan daya dukung lahan yang diindikasikan oleh pergeseran tanah. Sosialisasi hasil pendugaan dilakukan melalui penyuluhan untuk meningkatkan pemahaman sehingga menyadarkan masyarakat Desa Cisempur terhadap potensi sekaligus mitigasi bencana pergerakan tanah.

Keywords:
resistivity;
landslides
susceptibility;
socialization

Abstract Cisempur village is located at the slope of Mount Geulis, having a very varied morphology from gentle slopes to very steep ones. Due to the high demand for settlements the land use change can not be avoided. The steepness of the slope, the decrease of the number of vegetations, and the increase of load from buildings may induced land slide occurrence. This problem motivate us to perform measurement at the area, in order to uncover the information about the level of stability and the land carrying capacity, through the study of the subsurface rock layering condition. In this work, we present the shallow resistivity by means of *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) method in two measurement lines. The obtained data is processed using 2D inversion method, in order to obtain the layering structure cross-section. The interpretation of the results suggest the existence of sandstone, which is normally associated with the location of aquifer and tuffaceous clay. The tuffaceous may function as the slide plane in the land slide event. The interpretation also shows that the carrying capacity decrease very extremely at the settlement site, which is indicated by the land displacement. This information has to be socialized and transferred to the inhabitant, in order to build awareness, and the land slide disaster mitigation can be carried out.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan kawasan industri yang sangat pesat, lahan hutan dibagian utara semakin berkurang karena beralih fungsi menjadi lahan pertanian. Banyak pula yang beralih menjadi kompleks perumahan. Alih guna lahan hutan yang tidak terkendali dapat mempengaruhi daya dukung lahan dan tingkat kestabilan lereng, sehingga berpotensi menyebabkan pergerakan tanah.

Diperlukan pengkajian kondisi bawah permukaan melalui pendugaan geofisika sebagai upaya preventif dalam rangka mitigasi bencana pergerakan tanah. Salah satu teknologi yang sering digunakan adalah metode geolistrik resistivitas. Berdasarkan struktur resistivitas dangkal yang diperoleh dapat diselidiki karakteristik lapisan batuan yang meliputi jenis sedimen, ketebalan sedimen, kedalaman dan kemiringan lapisan keras, serta sebaran akifer. Faktor-faktor tersebut mempunyai peran yang penting dalam mekanisme pergerakan tanah.

Cisempur merupakan desa terluar yang berjarak sekitar lima kilometer di sebelah tenggara pusat Kecamatan Jatinangor. Wilayahnya terletak pada lereng perbukitan Gunung Geulis yang membentang dari selatan ke utara. Titik ketinggian terendah adalah 674 meter di atas permukaan laut (mdpl) yang berada disebelah selatan, sedangkan titik tertinggi adalah 1291 mdpl yang berada disebelah utara, yaitu puncak Gunung Geulis. Sementara itu, disebelah barat berbatasan dengan Desa Jatiroke, Jatimukti, dan Cintamulya. Disebelah selatan dan Timur dibatasi oleh wilayah Desa Mangunarga Kecamatan Cimanggung, sedangkan sebelah utara berbatasan dengan Desa Cinanjung Kecamatan Tanjungsari (Bakosurtanal, 2001). Berdasarkan tata guna lahan, bagian utara merupakan areal kehutanan sebagai lahan hijau dan sebagian lagi dimanfaatkan sebagai lahan perkebunan. Pada bagian tengah wilayah, merupakan

campuran antara lahan pemukiman penduduk dan ladang, sedangkan bagian selatan merupakan kawasan industri.

Menurut [Silitonga \(1973\)](#), litologi penyusun batuan di wilayah Cisempur terdiri atas endapan danau dan lava. Endapan danau mengisi dataran disebelah selatan, sedangkan lava yang merupakan hasil gunung api mendominasi tinggian di sebelah utara. Selain itu, sistem hidrogeologi terbagi menjadi tiga bagian, yaitu di bagian selatan berupa akuifer produktif dengan penyebaran luas, bagian tengah merupakan akuifer produktif setempat dan bagian utara merupakan daerah air tanah tak berarti.

Wilayah Cisempur mempunyai rata-rata curah hujan yang rendah, yaitu antara 2000-2500 mm/tahun ([IWACO/WASECO, 1990](#)). Sedangkan kerentanan gerakan tanah di wilayah ini dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu sangat rendah, rendah, dan menengah. Dataran disebelah selatan mempunyai kerentanan sangat rendah, bagian tengah kerentanan rendah, dan bagian utara mempunyai kerentanan menengah ([Yousana, 1991](#)).

Salah satu metode geofisika yang sering digunakan untuk identifikasi kerentanan tersebut adalah metode geolistrik resistivitas dengan teknik pemindaian *Electrical Resistivity Tomography* (ERT). Teknik ERT sudah banyak diterapkan untuk berbagai tujuan investigasi, seperti longsor ([Bambang dkk., 2015](#)), lapisan akuifer ([Bambang dkk., 2016](#)), deliniasi cebakan mineral logam ([Bambang dkk., 2011](#)) maupun pendugaan polusi air tanah akibat limbah industri ([Bambang dkk., 2008](#) dan [Bambang dkk., 2012](#)). Prinsip dasar dari metode geofisika adalah pemanfaatan sifat penjalaran arus listrik yang diinjeksikan ke dalam tanah melalui dua buah elektrode kemudian dilakukan pengukuran nilai respon beda potensial yang terjadi antara dua buah elektrode yang ditanamkan di permukaan ([Telford et al., 1990](#) dan [Reynold, 1998](#)).

Lebih lanjut, informasi nilai arus listrik yang diinjeksikan dan besarnya respon beda potensial (tegangan) yang terukur di permukaan, digunakan untuk memperkirakan nilai resistivitas semu medium batuan. Resistivitas adalah sifat intrinsik bahan yang berhubungan dengan kemampuannya untuk menghambat aliran arus listrik. Semakin tinggi nilai resistivitas listrik suatu bahan, maka semakin sulit arus listrik mengalir pada bahan tersebut. Nilai resistivitas batuan sangat dipengaruhi oleh jenis litologi dan kandungan air yang mengisi ruang pori-porinya. Batuan yang berisi air, pada umumnya memiliki nilai resistivitas yang rendah. Melalui citra resistivitas yang diperoleh dari penyelidikan ini dapat diduga perlapisan litologi batuan, ketebalan lapisan (solum tanah), dan kedalaman batuan dasar.

Penelitian ini dilakukan kajian pendugaan kondisi bawah permukaan menggunakan metode geofisika. Hasil-hasil kajian selanjutnya perlu disosialisasikan kepada masyarakat luas dan para pemangku kebijakan, sehingga dapat digunakan sebagai pegangan kebijakan dalam pemanfaatan lahan. Melalui upaya tersebut, diharapkan pengembangan tata ruang dan wilayah di Desa Cisempur dapat dilakukan sesuai dengan daya dukung lahan, sehingga potensi bencana pergerakan tanah dapat diminimalisir.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan merupakan kombinasi antara Simulasi Ipteks dan Pendidikan Masyarakat. Simulasi Ipteks bertujuan untuk menjelaskan kondisi bawah permukaan bumi melalui pemanfaatan metode geofisika dengan menggunakan teknik pengukuran ERT. Hasil dari ERT berupa pendugaan atau model struktur resistivitas dangkal yang menggambarkan lapisan batuan bawah permukaan. Pendidikan Masyarakat dilakukan melalui penyuluhan yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman tentang potensi

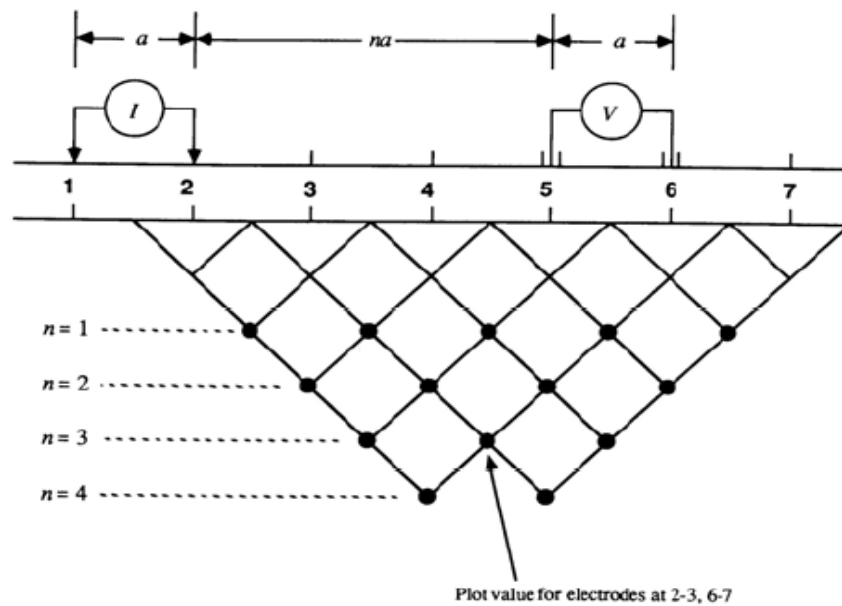
bencana pergerakan tanah. Materi penyuluhan mencakup hasil pendugaan struktur resistivitas dangkal dan mitigasi bencana pergerakan tanah.

Pendugaan bawah permukaan tanah dilakukan menggunakan dengan metode geolistrik resistivitas. Prinsip dasar metode geolistrik adalah memanfaatkan sifat penjalaran arus listrik yang diinjeksikan kedalam tanah melalui dua buah elektrode kemudian diukur respon beda potensial yang terjadi antara dua buah elektrode yang ditancapkan di permukaan (Telford *et al.*, 1990 dan Reynold, 1998). Dari informasi nilai arus listrik yang diinjeksikan dan besarnya respon beda potensial (tegangan) yang terukur di permukaan, selanjutnya dapat dihitung resistivitas semu medium batuan. Resistivitas batuan merupakan sifat intrinsik bahan yang berkaitan dengan kemampuan batuan tersebut dalam menghantarkan arus listrik.

Pengukuran geolistrik resistivitas dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya adalah tomografi resistivitas dua dimensi atau dikenal dengan istilah teknik pemindaian ERT. ERT merupakan metode pengukuran untuk memperoleh informasi mengenai variasi resistivitas secara dua dimensi, yaitu dengan *mapping* resistivitas dengan variasi spasi elektrode cukup banyak (Grandis, 2006). Dalam pengukuran ini, konfigurasi yang digunakan adalah dipol dipol. Skema penyusunan elektrode untuk pengukuran tersebut ditunjukkan pada Gambar 1. Pada gambar ini juga ditampilkan urutan pengukuran untuk membentuk *pseudosection* (Loke, 2004).

Peralatan utama yang digunakan dalam pengukuran adalah satu set *resistivity meter* SuperSting yang dilengkapi dengan kotak *multi switch*, kabel, dan elektrode. Lokasi lintasan pengukuran berada di bagian tengah yang merupakan ladang terbuka dengan vegetasi sangat jarang dan morfologi berupa lereng agak terjal yaitu mempunyai rentang kemiringan (15-30%). Di atas areal pengukuran terdapat kawasan perumahan yang

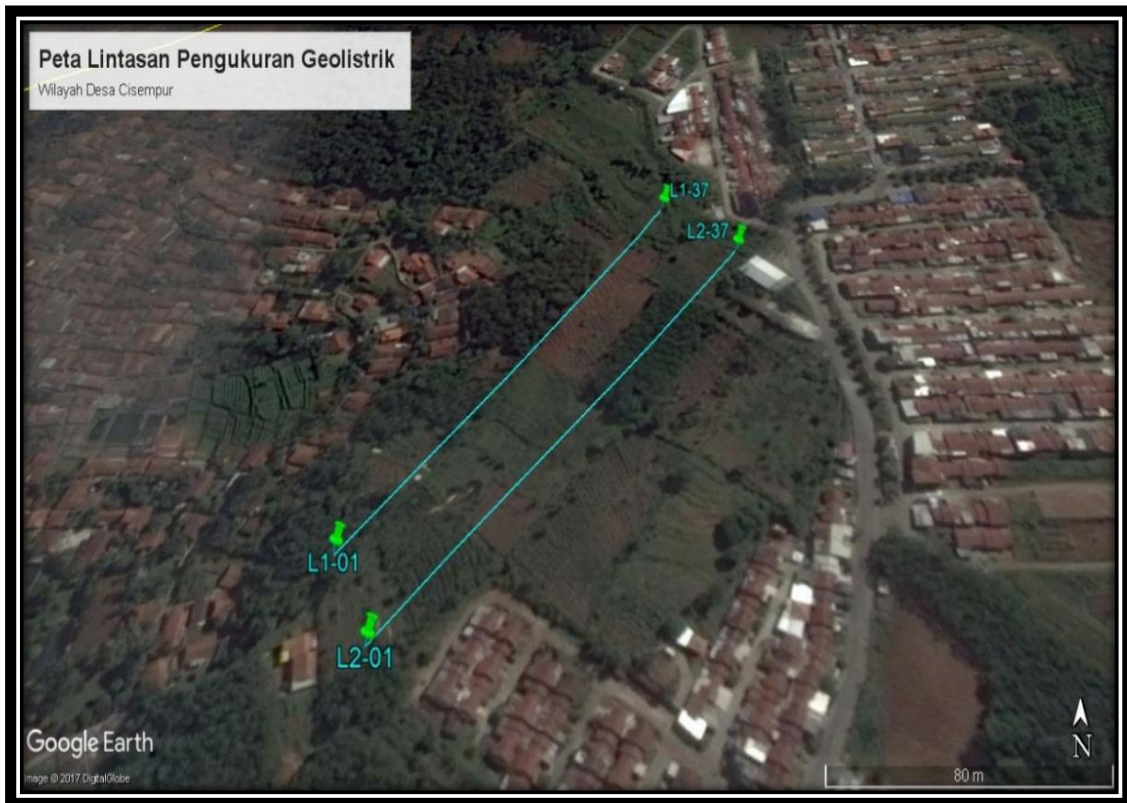
cukup luas, sehingga patut diduga menjadi faktor pembebanan yang dapat mempengaruhi kestabilan lereng dibawahnya.



Sumber: Loke (2004)

Gambar 1. Skema penyusunan electrode untuk pengukuran geolistrik DC secara teknik pemindaian ERT atau tomografi 2D menggunakan konfigurasi dipol dipol.

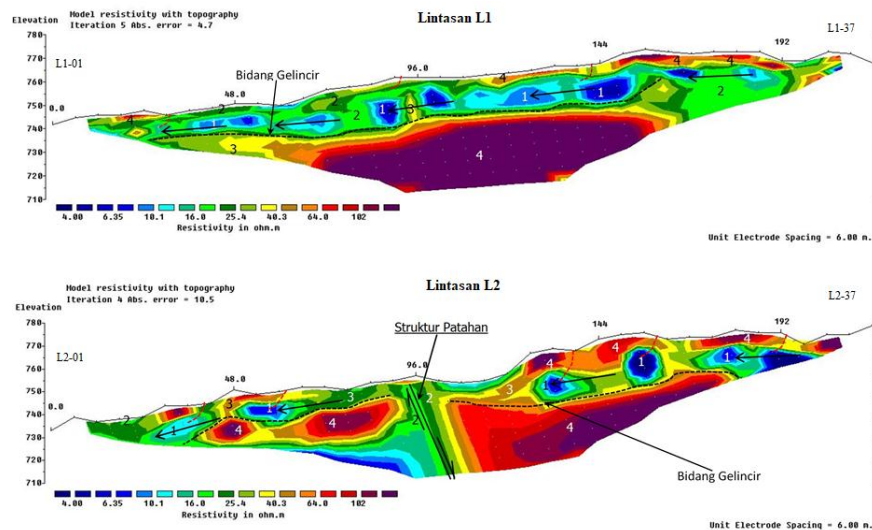
Selanjutnya, terdapat dua lintasan pengukuran geolistrik, yaitu lintasan L1 dan L2, masing-masing terdiri dari 37 electrode dengan spasi 6 meter, sehingga panjang total lintasannya adalah 216 meter (**Gambar 2**). Kedua lintasan pengukuran paralel dengan jarak sekitar 50 meter dan searah dengan kemiringan lereng. Data hasil pengukuran yang berupa *pseudosection* selanjutnya diolah menggunakan program inversi dua dimensi sehingga diperoleh model interpretasi berupa penampang resistivitas.



Sumber: Data primer diolah (2018)

Gambar 2. Peta lintasan pengukuran geolistrik. Lintasan L1 dan L2 masing-masing terdiri dari 37 elektrode dengan spasi 6m. Panjang total masing-masing lintasan adalah 216m. Kedua lintasan paralel dengan jarak 50m dan searah dengan kemiringan lereng.

Penampang resistivitas menggambarkan struktur lapisan batuan dibawah lintasan pengukuran berdasarkan nilai resistivitas. Kedalaman optimal yang dapat diperoleh dari lintasan L1 dan L2 adalah sekitar 40 meter, sehingga bisa dikatakan sebagai struktur resistivitas dangkal (**Gambar 3**). Hasil interpretasi terhadap kedua penampang selanjutnya disosialisasikan kepada warga masyarakat Desa Cisempur melalui kegiatan penyuluhan. Materi penyuluhan juga mencakup pemahaman tentang mitigasi bencana pergerakan tanah. Sosialisasi diberikan kepada berbagai komponen warga masyarakat dan aparat pemerintahan desa.



Sumber: Data primer diolah (2018)

Gambar 3. Penampang struktur resistivitas dangkal di Lintasan L1 (Atas) dan Lintasan L2 (Bawah). Kedalaman optimal yang dapat diperoleh sekitar 40m. Keberadaan bidang gelincir dan akuifer terindikasikan pada kedua penampang tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur resistivitas dangkal daerah pengukuran mempunyai rentang nilai (4-130) ohm.m. Secara umum, kisaran nilai resistivitas tersebut berasosiasi dengan batuan sedimen endapan danau. Berdasarkan pola perlapisan dan korelasi data geologi, dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu rendah (4-24) ohm.m berasosiasi dengan pasir, sedang (25-64) ohm.m berasosiasi dengan lempung tufaan, dan tinggi (65-130) ohm.m berasosiasi dengan lempung tufaan yang mengandung kongkresi gamping.

Resistivitas rendah kemungkinan berasosiasi dengan lapisan pasir yang mengandung air, atau disebut sebagai akuifer. Lapisan akuifer berada dibawah tanah penutup, berpola melensa dan kemiringannya sesuai lereng, kemungkinan bersifat tidak tertekan dan sekaligus merupakan muka air tanah. Lapisan beresistivitas sedang diduga berasosiasi dengan lempung tufaan yang bersifat semi *impermeabel* sehingga dapat berfungsi sebagai akiklud, yaitu media berpori yang dapat menyimpan air tetapi tidak dapat mengalirkan air tanah. Apabila akiklud terisi air hingga jenuh, maka dapat berpotensi menjadi bidang geser atau bidang longsor. Lapisan dengan resistivitas tinggi,

diduga berasosiasi dengan lempung tufaan yang mengandung kongkresi batu gamping, biasanya bersifat lebih keras dan cenderung tidak permeabel. Lapisan ini dapat berfungsi sebagai bidang gelincir, yaitu bidang yang terletak dibawah bidang geser.

Pergerakan tanah pada lokasi pengukuran dapat terjadi dengan mekanisme peresapan air hujan melalui lapisan penutup dan rekahan batuan. Air tersebut akan terus mengalir ke bawah hingga mencapai lapisan akiklud. Pada lapisan keras yang cenderung *impermeabel*, air sudah tidak dapat meresap atau dialirkan lagi. Apabila curah hujan semakin besar, maka volumenya akan semakin banyak dan akan naik mendekati kearah permukaan, sehingga akiklud menjadi jenuh air. Akiklud yang jenuh air mengakibatkan daya dukung tanah berkurang, sehingga gaya lapisan tanah yang bergerak menuruni lereng akan lebih besar dibandingkan gaya lapisan tanah yang menahan pergerakan tanah yang ada diatasnya. Kondisi seperti ini memicu terjadinya fenomena pergerakan tanah.

Interpretasi dan analisis terhadap penampang struktur resistivitas mengindikasikan bahwa daya dukung lahan di sekitar Lintasan L1 masih relatif lebih baik dibandingkan Lintasan L2. Pergeseran tanah yang terjadi di Lintasan L1 relatif lebih sedikit dan lebih lambat dibandingkan yang terjadi pada Lintasan L2. Hal ini terlihat pada lapisan penutup di Lintasan L1 yang mempunyai pola perlapisan lebih homogen dibandingkan Lintasan L2.

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya perlapisan homogen berlebih pada Lintasa L1 erat kaitannya dengan kemiringan lereng dan efek pembebanan. Lintasan L1 mempunyai sudut kemiringan lereng yang lebih curam dibandingkan pada Lintasan L2. Sudut kemiringan yang lebih besar akan mengakibatkan gaya dorong yang semakin besar pula. Posisi L2 berada lebih dekat dengan kompleks perumahan, sehingga lahan di

sekitar Lintasan L2 mempunyai faktor pembebanan yang lebih berat dibandingkan dengan Lintasan L1.

Di samping itu, pada Lintasan L2 terdapat struktur patahan yang memanjang mulai dari permukaan hingga mencapai kedalaman penampang. Keberadaan patahan akan mempercepat aliran resapan air, sehingga akiklud menjadi lebih cepat jenuh air, dan berakibat pada daya dukung lahan menjadi semakin berkurang.

Sosialisasi pendugaan struktur resistivitas dangkal disampaikan melalui presentasi yang dilakukan oleh narasumber dari Fakultas MIPA Universitas Padjadjaran (Unpad), maupun dari Tim Pelaksana kegiatan. Materi pertama berupa paparan pengenalan mitigasi bencana geologi, mencakup jenis, landasan hukum, dan pandangan tentang bencana geologi serta penjelasan tentang perlunya mitigasi. Materi berikutnya tentang klasifikasi, faktor penyebab, dan bagaimana melakukan mitigasi bencana pergerakan tanah. Perkiraan dampak alih guna lahan disampaikan juga pada sesi berikutnya dan diakhiri dengan pemaparan hasil pengukuran ERT. Acara sosialisasi ditutup dengan diskusi dalam bentuk tanya jawab, tanggapan, maupun masukan dari peserta.

Peserta sosialisasi tampak antusias dan termotivasi untuk lebih memahami tentang struktur resistivitas dangkal di areal mereka, terutama berkaitan dengan daya dukung lahan dan kestabilan lereng. Hal ini terlihat dari berbagai respon berupa pertanyaan maupun saran yang diajukan pada saat sesi diskusi dan tanya jawab. Pertanyaan yang diajukan terutama seputar alih guna lahan hutan yang berubah menjadi kompleks perumahan. Kekhawatiran warga desa nampak terlihat dari fenomena aliran air yang deras dari sekitar perumahan menuju perkampungan.

Selain pendugaan struktur resistivitas dan kegiatan sosialisasi, penelitian ini juga berhasil mendorong secara material maupun imaterial, sehingga dapat terwujud

bangunan Balai RW 10. Bangunan tersebut sekaligus juga berfungsi sebagai Posko Taruna Tanggap Bencana (Tagana). Hal ini merupakan salah satu bentuk langkah preventif dalam kegiatan mitigasi kebencanaan, khususnya di wilayah RW 10 Desa Cisempur. Peresmian pemanfaatan bangunan tersebut dilakukan bersama-sama dengan kegiatan sosialisasi hasil dari penelitian.

Melalui kegiatan sosialisasi ini telah berhasil diberikan pemahaman yang menyeluruh terkait potensi bencana pergerakan tanah di wilayah Cisempur. Selain kondisi geologis, kemiringan lereng, dan curah hujan, faktor yang sangat berpengaruh terhadap pergerakan tanah adalah pemanfaatan lahan yang sesuai peruntukannya. Faktor pemanfaatan lahan yang sesuai dengan peruntukannya ini dapat diupayakan agar terus ditingkatkan melalui kesadaran warga masyarakat dan perangkat desa dalam mengelola lingkungannya. Gerakan peduli lingkungan perlu terus digelorakan melalui kegiatan penanaman pohon keras, pembuatan teras iring, dan saluran drainase.

Kearifan lokal budaya sunda yang sudah turun temurun, seperti "*leuweung kaian, gawir awian, legok balongan*" (hutan tanami kayu, tebing tanami bambu, lembah jadikan kolam), harus terus diingatkan, terutama kepada generasi muda. Kegiatan pemantauan wilayah yang rawan longsor perlu diaktifkan secara rutin, terutama setelah hujan deras yang lama atau kejadian gempa. Indikasi-indikasi gejala pergerakan tanah, seperti muncul retakan, mata air menjadi keruh atau malah kering, bebatuan yang jatuh, pohon tumbang, perlu dipahami dengan baik oleh seluruh warga.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan interpretasi struktur resistivitas dangkal yang diperoleh dari pengukuran ERT pada dua buah lintasan, terindikasi adanya bidang gelincir dan kecenderungan penurunan daya dukung lahan. Langkah antisipasi dalam rangka mitigasi bencana

pergerakan tanah yang perlu segera dilakukan adalah pembuatan teras iring, pembangunan saluran drainase, dan penanaman pohon keras.

Tindakan pemantauan secara rutin terhadap lahan-lahan yang rawan longsor harus dilakukan secara intensif, terutama setelah hujan deras yang lama ataupun terjadi gempa. Aktivitas ini bisa melibatkan personal Karang Taruna sebagai Tim Tagana. Kegiatan sosialisasi perlu dilakukan secara terus-menerus dan melibatkan seluruh *stakeholder* dengan tetap berpegang pada kearifan lokal.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Jajaran Muspika Kecamatan Jatinangor dan Pemerintahan Desa Cisempur yang telah memberikan perijinan penggunaan wilayah sebagai tempat kegiatan PKM. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada DRPMI Unpad yang telah memberikan dukungan finansial melalui kontrak Perjanjian Pelaksanaan Pengabdian Kepada Masyarakat Hibah Internal Universitas Padjadjaran Batch 2 Tahun Anggaran 2018 Nomor 3772/UN6.D/PM/2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakosurtanal. (2001). *Peta Rupa Bumi Indonesia 1 : 25.000 Lembar Cicalengka Edisi 1 – 2001*. Bandung: Bloom Narcon Corporation.
- Bambang, Wijatmoko, & Hariadi. (2008). Studi Pola Sebaran Dan Kedalaman Polusi Air Tanah Berdasarkan Nilai Resistivitas Di Sekitar Saluran Pembuangan Air Limbah Industri Rancaekek Kabupaten Bandung. *Bionatura*, 10(1), 58-67.
- Bambang Wijatmoko, Eleonora Agustine, & Kusnahadi Susanto. (2012). Pemanfaatan Metode Electrical Resistivity Tomography (ERT) untuk Mempertegas Posisi Polutan dan Air Bersih di Pusat Industri Kulit Garut. *Dharmakarya*, 1(1), 41-48.

- Bambang Wijatmoko, Kusnahadi Susanto, Imran Hilman Mohammad & Kartika H Kirana. (2015). Pengukuran Geolistrik Untuk Investigasi Longsor Di Area Bandung Utara. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 05(01).
- Bambang Wijatmoko, Budy Santoso, & Eddy Supriyana. (2016). Kajian Struktur Resistivitas Dangkal Di Sekitar Sumur Sindu Kecamatan Jatitujuh Kabupaten Majalengka. *Spektra, Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 01(01).
- Grandis, H. (2006). *Lecture-note: Geolekstromagnetisme*. Diakses dari <http://www.geoph.itb.ac.id>.
- IWACO/WASECO-DWS/CK. (1990). *Peta Hidrologi Kabupaten Sumedang*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Loke, M.H. (2004). *Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. Geotomo Software, Res2dinv 3.5 Software.
- Reynolds, J.M. (1998). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York: John Willey and Sons.
- Silitonga, P.H. (1973). *Peta Geologi Lembar Bandung*. Bandung: Direktorat Geologi.
- Telford, W.M., Geldart, L.P. & Sheriff, R.E. (1990). *Applied Geophysics*. New York: Cambridge Press.
- Yousana O.P. Siagian, & Untung Sudarsono. (1991). *Peta Zona Kerentanan Tanah Lembar Bandung Jawa Barat*. Bandung: Direktorat Geologi Tata Lingkungan.