

## Jombok Slope Stability Monitoring System: an Overview

Mohammad Muntaha

Program Studi Diploma Teknik Sipil FTSP ITS, Surabaya

Email: mohamad\_m74@ce.its.ac.id

### Abstract

*Landslide is defined as geological phenomenon caused by various types of rock mass or soil movement, such as rocks fall or large soil lump. Construction activities and human needs fulfillment force the hilly areas to be transformed into housing area and farm land, which could trigger the landslide occurrence. Information and Communication Technology (ICT) development, considered as the advanced solution, has broaden its application to slope stability monitoring. ICT applications have several benefits such as minimizing the risk, especially on public building; reducing the cost at construction/operation/maintenance process; improving and developing the geotechnical construction method, to increase the performance based design criterion. The real time of soil condition could be thoroughly monitor by the data center by using the water content sensor, tilting sensor, and data logger. The data center will then process the data and send back the processed data as the information for local people to anticipate slope failure.*

*Keywords: landslide, information and communication technology; soil monitoring system.*

### Abstrak

Longsor adalah suatu peristiwa geologi yang terjadi karena pergerakan masa batuan atau tanah dengan berbagai tipe dan jenis seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah. Aktifitas pembangunan dan pemenuhan kebutuhan hidup menyebabkan banyak perbukitan harus berubah menjadi perumahan dan lahan pertanian, sehingga memicu kejadian longsor. Perkembangan teknologi pada ICT telah banyak digunakan untuk *slope stability monitoring*. Keuntungan penggunaan ICT adalah untuk mengurangi resiko terutama terhadap bangunan-bangunan umum, untuk meminimalisasi biaya baik saat *construction/operation/maintenance* dan untuk memperbaiki dan mengembangkan metode desain bangunan geoteknik sehingga bisa meningkatkan kinerja bangunan saat operasi (*performancaike based design*). Dengan menggunakan sensor kadar air, sensor kemiringan (*tilting*), inclinometer, dan data logger maka data-data kondisi tanah secara *real time* dapat dikirimkan ke pusat data. Pusat data akan mengolah data dan mengirim kembali data ke lokasi sebagai antisipasi kelongsoran lereng.

**Kata kunci:** longsor, teknologi informasi dan komunikasi; *soil monitoring system*.

### 1. Pendahuluan

Longsor atau sering disebut gerakan tanah adalah suatu peristiwa geologi yang terjadi karena pergerakan masa batuan atau tanah dengan berbagai tipe dan jenis seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah. Secara umum kejadian longsor disebabkan oleh dua faktor yaitu faktor pendorong dan faktor pemicu. Faktor pendorong adalah faktor-faktor yang memengaruhi kondisi material sendiri, sedangkan faktor pemicu adalah faktor yang menyebabkan bergeraknya material tersebut. Peruba-

han fungsi lahan adalah salah satu faktor pemicu, pemenuhan kebutuhan sarana dan prasarana hidup akhir-akhir ini menjadi hal yang tidak dapat dihindarkan. Hutan, bukit, dan gunung harus di buka dalam rangka memenuhi kebutuhan transportasi, perumahan dan pertanian, sehingga mengakibatkan bencana tanah longsor (Muntaha, 2012).

Huat (2004) menyatakan bahwa faktor utama penyebab longsor adalah gravitasi yang mempengaruhi suatu lereng yang curam, selain itu ada beberapa faktor lain yang turut mempengaruhi

adalah: penggundulan hutan, pengikisan tanah/erosi, hujan deras, gempa bumi, letusan gunung berapi, akibat adanya beban tambahan (dilalui kendaraan berat).

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Pusat mencatat mulai dari Januari sampai dengan Oktober 2014 terdapat 55 kejadian tanah longsor di Indonesia, dengan korban jiwa sebanyak 56 orang meninggal, 425 luka berat dan ringan, dan kerugian material mencapai ratusan milyar rupiah. Belum lagi kerugian infrastruktur akibat putusnya jalan, jembatan, dan tertimbunnya bangunan-bangunan publik seperti sekolah, kantor pemerintah, dan sarana telekomunikasi.

Sehingga prediksi dan pencegahan (*early warning system*) bahaya tanah longsor mutlak segera dilakukan. Seiring perkembangan teknologi, pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi (ICT) untuk *soil monitoring* lereng (*slope*) telah banyak dikembangkan, diantaranya: Nishiyama (2006), Dwikorita Karnawati dan Faisal Fathani (2007), Towhata (2009), Kwong (2009), Soga (2012), Uchimura (2013), Yajun (2013), Wittle (2013) dan peneliti-peneliti yang lain.

Sebuah *system monitoring slope stability* sedang di kembangkan di Jombok Ngantang Malang untuk memonitor kelongsoran lereng di bukit ini, dengan base *real time system monitoring*. Sehingga di harapkan dapat di hasilkan sebuah *early warning system* kelongsoran lereng. Penelitian ini mendapatkan support dana dari JICA – Predict

dan Ditjen Dikti Kemendikbud Republik Indonesia.

Penelitian yang dilakukan masih dalam tahap penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium, pembuatan model numerik kelongsoran tanah, serta penyusunan data base angka keamanan lereng. Tahap berikutnya adalah pemasangan sensor-sensor di lapangan pada beberapa lokasi lereng yang di rencanakan, di daerah Jombok Ngantang Malang Jawa Timur.

Makalah berikut adalah merupakan gambaran awal hasil penelitian yang sedang di lakukan, diharapkan dapat memberikan gambaran awal yang baik.

## 2. Metodologi

Teknologi informasi dan komunikasi (*Information and Communication Technology*) mengacu pada penggunaan peralatan elektronik (terutama komputer) untuk memproses suatu kegiatan tertentu. *Information and Communication Technology* mempunyai kontribusi yang potensial untuk berperan dalam mencapai manfaat ekonomi, sosial, dan lingkungan yang signifikan. Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang cepat mendorong pemanfaatan teknologi ini pada berbagai bidang, salah satunya adanya untuk mitigasi bencana longsor.

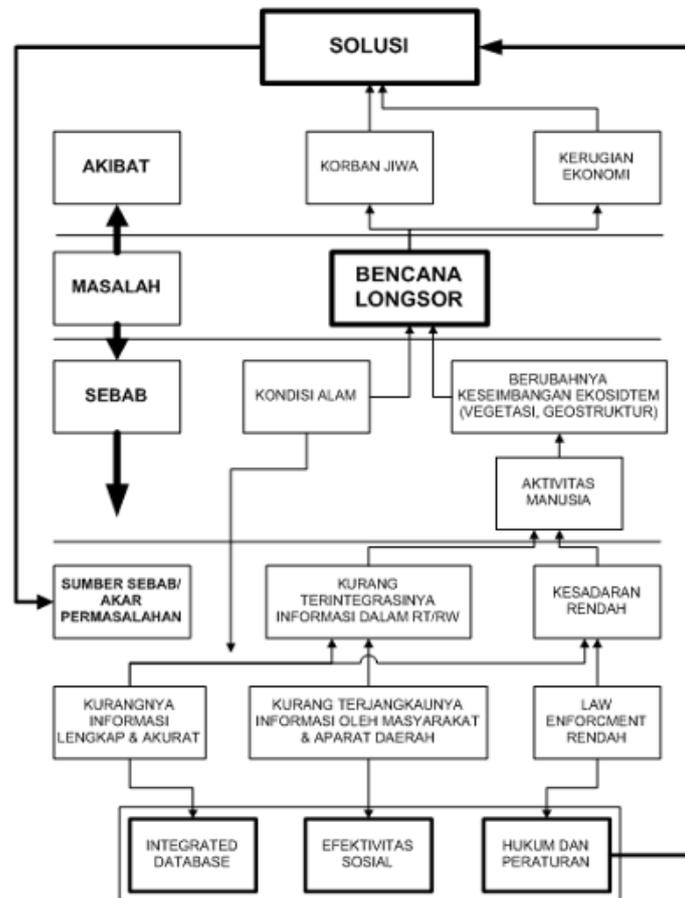
Pada dasarnya mitigasi bencana merupakan seluruh kegiatan yang meliputi aspek perencanaan dan penanggulangan bencana, sebelum, saat bencana, dan sesudah terjadi bencana. Ketika tiga tahapan ini dipenuhi maka tujuan mitigasi bencana yang meliputi: (1).

mencegah kehilangan jiwa; (2). Mengurangi penderitaan manusia; (3). memberi informasi masyarakat dan pihak berwenang mengenai risiko, serta (4). mengurangi kerusakan infrastruktur utama, harta benda, dan kehilangan sumber ekonomis; akan dapat dimaksimalkan.

Karnawati (2002) menyatakan bahwa langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk menekan bahaya tanah longsor dibagi menjadi 3 yaitu: tahap awal (preventif), tahap bencana, dan tahap paska bencana. Secara spesifik manajemen bencana tanah longsor menurut Karnawati (2002) seperti terlihat pada Gambar 1. Dimana upaya pencegahan dini (*early warning system*) bencana

tanah longsor adalah merupakan rangkaian kegiatan awal untuk mengurangi resiko bencana.

Muntaha, 2010 menyatakan bahwa prediksi kejadian longsor dapat dilakukan berdasarkan rekaman hujan dan longsor. Data-data hujan yang memicu terjadinya tanah longsor dari berbagai jenis hujan dipisahkan dengan data hujan yang tidak memicu terjadinya tanah longsor. Hubungan hujan ini dapat ditentukan dengan menggunakan tiga pendekatan yaitu pemodelan empirik (*empirical based model*), pemodelan proses fisik (*physical-process model*), dan pemodelan statistik (*statistic-based model*).



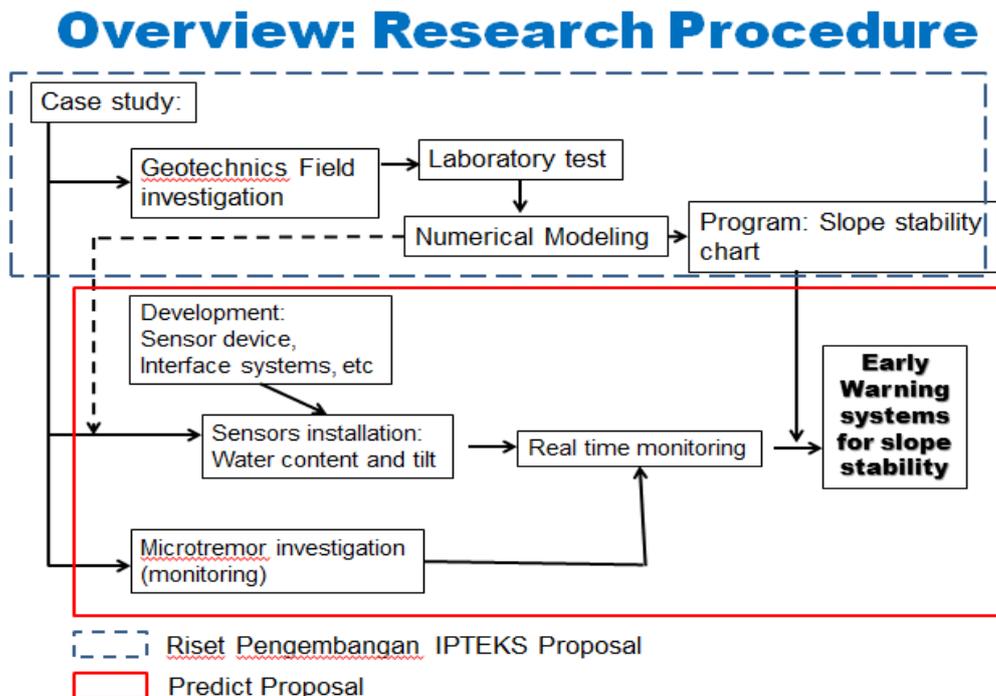
Gambar 1. Bagan alir sistem manajemen bencana longsor (Karnawati, 2002)

Dengan menggunakan pendekatan-pendekatan di atas maka kejadian longsor pada suatu daerah dapat diprediksi dan dengan menggunakan peralatan deteksi maka sistem peringatan dini longsor dapat dipasang di lokasi tersebut. Desain penelitian yang dilakukan sebagaimana terlihat pada Gambar 2. Tahap awal adalah pengumpulan data tanah. Selanjutnya pemasangan sensor kadar air, sensor kemiringan (*tilting*), inclinometer, dan data logger, maka data-data kondisi tanah secara *real time* dapat dikirimkan ke pusat data. Pusat data akan mengolah data dan mengirim kembali data ke lokasi sebagai antisipasi kelongsoran lereng. Dengan menggunakan data base yang ada akan dapat dimonitor kondisi angka keamanan lereng pada tiap kondisi kadar air pada setiap waktu.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Perkembangan teknologi informasi yang cepat menjalar ke semua bidang, salah satunya *soil monitoring*, dengan kemudahan-kemudahan yang ditawarkan teknologi ini, maka teknologi ini dengan cepat diaplikasikan pada *soil monitoring*.

Soga (2012) menyebutkan dengan mengaplikasikan teknologi informasi dan komunikasi pada *soil monitoring* maka akan diperoleh banyak keuntungan, diantaranya: (i) untuk mengurangi resiko terutama terhadap bangunan-bangunan umum, (ii) untuk meminimalisasi biaya baik saat *construction/operation/maintenance* dan (iii) untuk memperbaiki dan mengembangkan metode desain bangunan geoteknik sehingga biasa meningkatkan kinerja bangunan saat operasi (*performance based design*).



Gambar 2. Metodologi Penelitian *Slope Stability* di Jombok

Jombok *soil monitoring system* yang di kembangkan menggunakan sensor, data logger, internet, dan alarm peringatan. Sensor kadar air, sensor kemiringan (*tilting*), data logger dipasang pada lokasi yang dikehendaki. Data logger akan mengirim data-data yang diinginkan yang dikirim lewat jaringan telepon ataupun internet. Secara umum metode sistem peringatan dini yang di kembangkan adalah seperti terlihat pada Gambar 3.

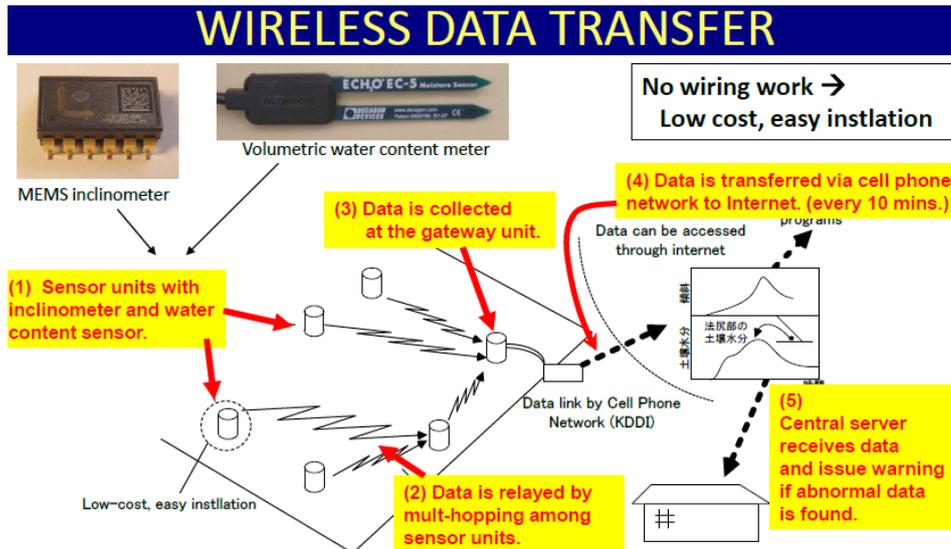
Ada banyak tipe teknologi sensor yang telah dikembangkan, mulai dari sensor yang masih tradisional (*wire base*), *fiber optic sensor systems*, sampai sensor yang tanpa kabel (*wireless sensor*). Dimana pemilihan tipe sensor tergantung dari kebutuhan, teknologi di

sekitar lokasi, dan jenis bangunan. Pada penelitian ini menggunakan sensor *water content*, dan *tilting* yang telah di kembangkan oleh Uchimura (2012). Secara umum prinsip yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperti terlihat pada Gambar 4.

Beberapa sensor kadar air dipasang pada lereng yang sudah ditentukan, dimana setiap sensor akan mengirim data ke satu *data logger* yang disediakan. Demikian juga beberapa sensor *tilting* dipasang pada lereng yang lain, pemasangan disebar agar supaya masing-masing sensor tidak saling mempengaruhi.



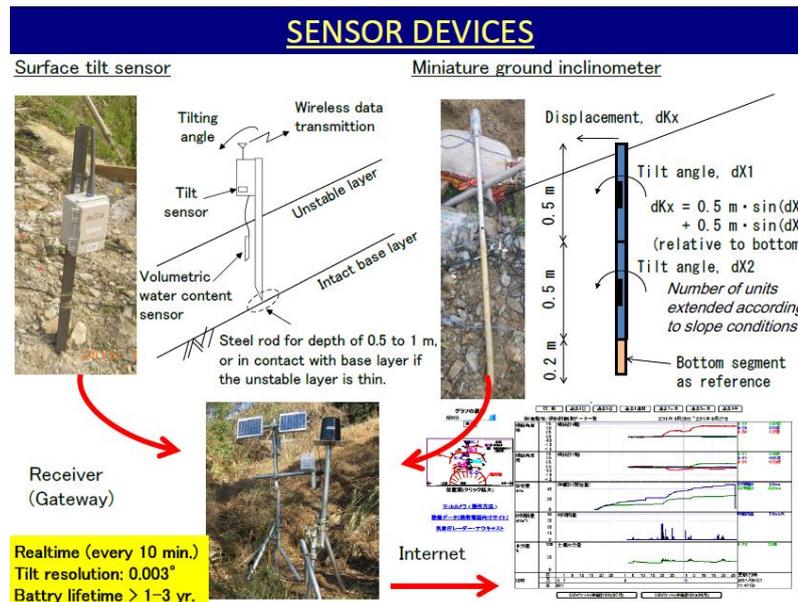
Gambar 3. Sistem TI pada Jombok monitoring sistem



Gambar 4. Soil monitoring water content base yang dikembangkan Uchimura (2012)

Dari beberapa *data logger* yang ada kemudian disatukan ke *data link* (KDDI), dari terminal inilah semua data sensor akan dikirimkan ke pusat data (*central server receives data*), dimana waktu pengiriman data di atur sesuai dengan yang dikehendaki. Dari hasil

monitoring yang telah dilakukan (Gambar 5) menunjukkan sistem yang dibuat dapat bekerja dengan baik. Sensor kadar air mengirim data *volumetric water content* tanah setiap 10 menit ke *data logger* yang diteruskan ke pusat data lewat jaringan internet.



Gambar 5. Hasil Pembacaan Awal Soil Monitoring

Demikian juga sensor kemiringan (*tilting*) mengirim data kondisi suhu, *power supply*, dan pergerakan lereng ke *data logger*. Pusat data kemudian mengolah semua data yang masuk dan membuat rangkuman *soil monitoring* perhari.

#### 4. Simpulan

Perkembangan teknologi yang pesat pada ICT telah banyak digunakan untuk *slope stability monitoring*. Keuntungan penggunaan ICT adalah untuk mengurangi resiko terutama terhadap bangunan-bangunan umum, untuk meminimalisasi biaya baik saat *construction/operation/maintenance* dan untuk memperbaiki dan mengembangkan metode desain bangunan geoteknik sehingga bisa meningkatkan kinerja bangunan saat operasi (*performancaike based design*). Dengan menggunakan sensor kadar air, sensor kemiringan (*tilting*), inclinometer, dan data logger maka data-data kondisi tanah secara *real time* dapat di kirimkan ke pusat data. Pusat data akan mengolah data dan mengirim kembali data ke lokasi sebagai antisipasi kelongsoran lereng.

#### Daftar Pustaka

- Agus Setyo Muntohar. (2010). Tanah Longsor: Analisis Prediksi Mitigasi. UMY Press Jogjakarta.
- Bujang B.K. Huat & Asmidar Alias. (2004). *Slope failures in tropical residual soils. Tropical Residual Engineering*. Balkema. Rotterdam.
- Dwikorita, Karnawati. (2002). Pengenalan Daerah Rentan Gerakan Tanah dan Upaya Mitigasinya. Makalah Seminar Nasional Mitigasi Bencana Alam Tanah Longsor, Semarang 11 April 2002, Semarang.
- Muntaha, M., Soemitro, R.A., Noor Endah, and Indarto. (2010). *Characteristics of tropical residual soils in Arjasa Jember of East java*. International Journal Academic Research, Vol. 2 No. 5 September 2010.
- Suryadi. (2011). Pemanfaatan Strain Gauge Load Cell Sebagai Transfer Standard Dan Cara Mengatasi Kemungkinan Kesalahan Pengukuran Akibat Gaya Aksial. Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi Instrumentasi dan Metrologi (PPI-KIM).
- Uchimura, T., Towhata, I., Wang, L., and Qiao, J. P., (2011). *Interpretation of monitored behavior of slopes for early warning of failure. Geotechnics for Sustainable Deveelopment*, Geotech Hanoi 2011, pp.807-814.
- Uchimura, T., Towhata, I., Getie, G., Seo, H.-K., Okada, N., Wang, L., Nishie, S., and Qiao, J. P., (2011). *Wireless monitoring on landslide site damaged by 2008 Wenchuan Earthquake in China*. Proc. of the 11th International & 2nd North American Symposium on Landslides.
- X.B. Tu, A.K.L. Kwong, F.C. Dai, L.G. Tham, H. Min. (2009). *Field monitoring of rainfall infiltration in a loess slope and analysis of failure mechanism of rainfall-induced landslides*. Engineering Geology, Volume 105, Issues 1–2, 23 April 2009, Pages 134-150.
- Y. Ohnishi, S. Nishiyama, T. Yano, H. Matsuyama, K. Amano. (2006). *A study of the application of digital photogrammetry to slope monitoring systems*. International Journal of Rock Mechanics and Mining

Sciences, Volume 43, Issue 5, July  
2006, Pages 756-766.

Soga, K., (2012). *Emerging Sensing  
Technologies for Geotechnical  
Engineering – A Case Study*. Proc.  
of the International Workshop on  
ICT in Geo-Engineering.