

## PERENCANAAN SISTEM PERINGATAN DINI BENCANA TANAH LONGSOR DI DUSUN LUCU PALONGAN DESA CAMPOAN KECAMATAN MLANDINGAN KABUPATEN SITUBONDO JAWA TIMUR

Teuku Mukhlis<sup>1)</sup>, Teuku Faisal Fathani<sup>2)</sup>, Ign. Sudarno<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Dinas Pertambangan dan Energi, Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam

<sup>2)</sup> Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik UGM – Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta

<sup>3)</sup> Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik UGM – Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta

### ABSTRACT

*Lucu Palongan Sub-village is located at hills terrain which is critically prone to soil mass movement due to the morphological characteristic of plateau with steep slopes in addition to geological setting of volcanic breccia bedrock covered by colluvial sediments. The research is initiated by soil mass movement occurrence in Lucu Palongan Sub-village. It is situated in community's farm land which is a typical ground faulting with soil cracks subsided by 3 meters at the crown area. The study is conducted to identify the causal factors and mechanism of soil mass movement, to observe the condition of the affected areas and society, to discover the areas vulnerable to landslide effects and to plan early warning system for landslide disaster. The primary data for the research is gathered from field investigation. Analysis on the slope stability is carried out by employing SLOPE/W program. The study identifies that soil mass movement in Lucu Palongan Sub-village is a typical slide. The causal factors of soil mass movement at the researched areas are the farm lands existed on the slopes causing water on land surfaces accumulated, thence the intensity of water slipping into subsurface increases, shear strength of soil significantly diminishes due to saturation. The most vulnerable areas to landslide are Bretan and Batuampar Sub-village of Selowogo Village. The indications of soil mass movement were initially noticed by the residents of Lucu Palongan Sub-village through landslide monitoring instrument. Afterward, the information was communicated to the people of Bretan and Batuampar Sub-village.*

*Keywords : Soil Mass Movement, SLOPE/W, Early Warning System, Community Based Development, Landslide Monitoring Instrument*

### PENDAHULUAN

Gerakan massa tanah (*soil mass movement*) atau sering disebut tanah longsor (*landslide*) merupakan salah satu bencana alam yang sering melanda daerah perbukitan di daerah tropis basah. Kondisi alam Indonesia dengan faktor-faktor penyebab geologi, topografi, klimatologi yang sangat dominan menjadikan beberapa wilayah di Indonesia rawan terhadap bencana alam gerakan massa tanah. Kerusakan yang ditimbulkan oleh gerakan massa tanah tersebut tidak hanya kerusakan secara langsung seperti rusaknya fasilitas umum, lahan pertanian, ataupun adanya korban manusia, akan tetapi juga kerusakan secara tidak langsung yang melumpuhkan kegiatan pembangunan dan aktivitas ekonomi di daerah bencana dan sekitarnya. Bencana alam gerakan massa tanah

tersebut cenderung semakin meningkat seiring dengan meningkatnya aktivitas manusia. Kabupaten Situbondo merupakan perpaduan antara daerah rendah di sebelah utara dan daerah perbukitan di sebelah selatan dengan kemiringan lereng yang terjal. Kondisi geologi didominasi oleh Formasi Batuan Gunungapi Ringgit dan Batuan Gunungapi Argopuro dengan litologi terdiri dari lava, breksi gunungapi dan tuff. Lapisan permukaan terdiri dari litologi endapan koluvial yang umumnya sudah melapuk. Lapukan tersebut menghasilkan bongkah-bongkah batuan yang mudah lepas karena rekatan antar fragmen batuan sangat lemah. Kondisi morfologi dan geologi tersebut membuat Kabupaten Situbondo menjadi daerah yang mempunyai tingkat kerentanan terhadap bahaya gerakan massa tanah yang cukup tinggi.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh peristiwa gerakan massa tanah yang terjadi di Dusun Lucu Palongan. Gerakan massa tanah yang terjadi berupa tanah gerak dengan retakan tanah yang sudah mengalami penurunan sampai 3 meter pada bagian mahkota. Tanah gerak tersebut terjadi pada lahan pertanian masyarakat, yang sewaktu-waktu bisa mengalami keruntuhan dan akan mengancam kelestarian alam dan keselamatan jiwa maupun harta benda penduduk setempat. Untuk mengurangi dampak yang akan ditimbulkan oleh bencana alam gerakan massa tanah tersebut, maka perencanaan sistem peringatan dini bencana tanah longsor di daerah penelitian sangat diperlukan dan penting untuk dilaksanakan.

Lokasi penelitian terletak di Dusun Lucu Palongan, Desa Campoan, Kecamatan Mlandingan, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur, seperti ditunjukkan dalam Gambar 1. Penelitian ini bertujuan untuk investigasi dan mitigasi gerakan massa tanah di daerah penelitian. Investigasi antara lain untuk mengetahui kondisi lingkungan fisik dan kondisi masyarakat, mempelajari faktor-faktor penyebab terjadinya gerakan massa tanah, jenis dan mekanismenya serta mengidentifikasi daerah rawan yang akan terkena dampak dari bencana

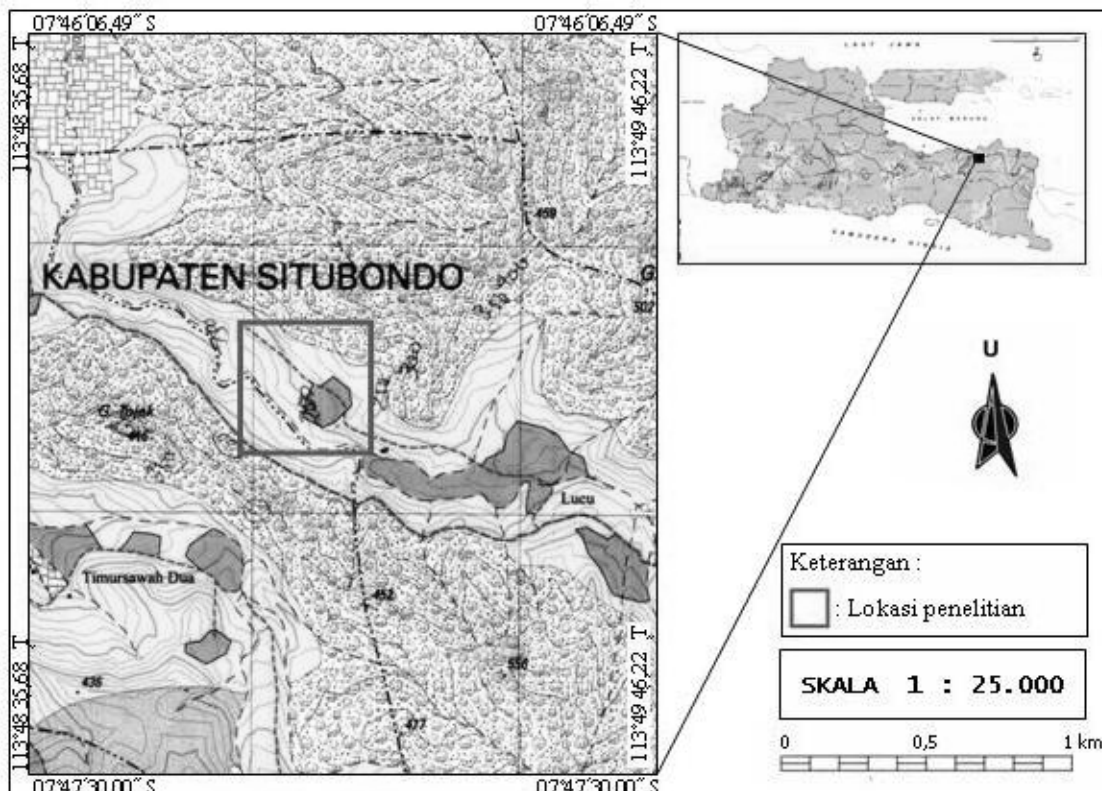
alam gerakan tanah. Mitigasi antara lain untuk memberikan rekomendasi penanganan bencana alam gerakan tanah dengan pendekatan sistem peringatan dini.

## PENANGANAN BENCANA TANAH LONGSOR

Dalam penelitian ini, penanganan bencana tanah longsor adalah ke arah pemantauan dan merencanakan suatu sistem peringatan dini. Alat-alat dan pekerjaan lapangan untuk investigasi dan pemantauan tanah longsor akan dijelaskan berikut ini.

### Pengeboran

Pengeboran dilakukan untuk menjelaskan struktur geologi dan bidang longsor pada daerah longsor. Pengeboran dilaksanakan sepanjang garis tinjauan yang dibuat sesuai dengan posisi dan arah longsor, pada interval antara 30 m – 50 m. Tiga atau lebih lubang bor dibuat dalam blok longsor dan sedikitnya satu lubang bor dibuat di belakang mahkota longsor dengan minimum empat lubang bor secara keseluruhan.



Gambar 1. Letak lokasi daerah penelitian terhadap Dusun Lucu Palongan

### Survei bidang gelincir

Survei bidang gelincir dilakukan untuk menentukan lokasi dari bidang gelincir. Ada dua metode untuk menentukan bidang gelincir, yaitu dengan analisis inti bor (*boring core analysis*) dan menggunakan alat untuk memantau. Analisis inti bor dilakukan dengan interpretasi secara geologi, baik interpretasi selama proses pengeboran maupun interpretasi berdasarkan pengamatan inti bor. Alat yang digunakan untuk pemantauan bidang gelincir antara lain adalah *underground strain gauge*, *borehole inclinometer* dan *multi-layer movement meter*. Ketiga alat tersebut dimasukkan kedalam lubang bor.

### Penyelidikan penurunan permukaan

Investigasi penurunan bentuk permukaan dilakukan untuk menggambarkan batasan-batasan tanah longsor, ukuran, tingkat aktivitas dan arah pergerakan. Penyelidikan penurunan permukaan juga dilakukan untuk menentukan pergerakan blok dari longsor utama. Adanya mahkota dan retakan yang melebar digunakan untuk menentukan apakah akan berpotensi untuk bergerak di masa mendatang. Alat yang digunakan untuk investigasi penurunan bentuk permukaan terdiri dari extensometer, tiltmeter dan GPS.

### Pengukuran muka air tanah

Pengukuran muka air tanah untuk menentukan hubungan antara curah hujan dan fluktuasi air tanah dan pengaruh pada tekanan pori pada bidang gelincir. Pengukuran muka air tanah dapat dilakukan pada setiap lubang bor. Alat yang digunakan untuk mengukur muka air tanah adalah *pore pressure gauge*. Jarak waktu pengamatan untuk pengukuran muka air tanah selama hujan yang sangat lebat pasti akan lebih ditingkatkan, untuk memahami hubungan antara curah hujan dengan muka air tanah.

### Pengukuran curah hujan

Pengukuran curah hujan dilakukan untuk menentukan hubungan antara hasil pencatatan curah hujan dan hasil pencatatan pergerakan tanah pada

alat pengukur penurunan permukaan. Hasil pencatatan alat pengukur curah hujan dapat digunakan sebagai pembanding dengan hasil pencatatan pergerakan tanah yang dapat dinyatakan bahwa semakin besar intensitas curah hujan, maka tanah cenderung akan mudah bergerak.

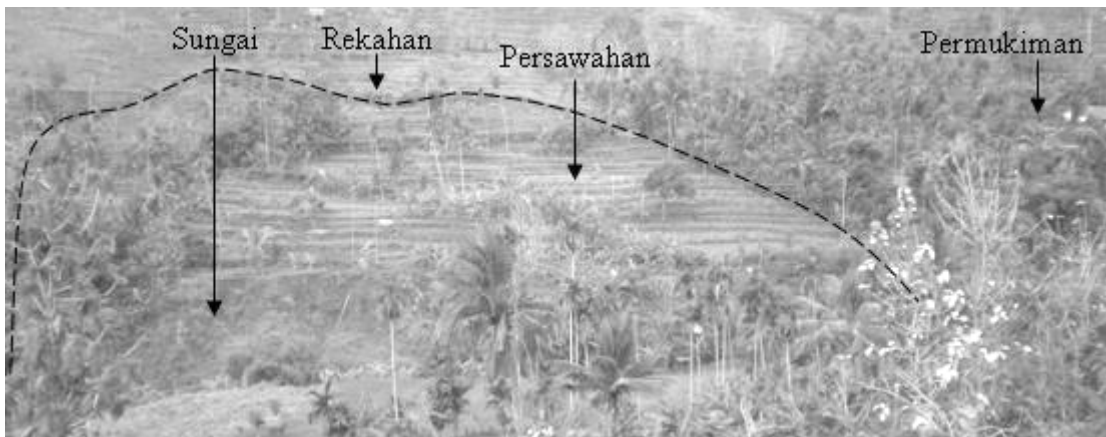
## KONDISI GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

### Kondisi geomorfologi daerah penelitian

Daerah penelitian dan sekitarnya merupakan daerah perbukitan dengan kemiringan lereng yang terjal. Morfologi di bagian timur (hulu) daerah penelitian adalah perbukitan yang tersusun oleh material-material hasil pengendapan yang berupa bongkah-bongkah batuan yang mudah lepas karena adanya pelapukan. Morfologi di bagian utara (hilir) daerah penelitian merupakan daerah dataran rendah. Daerah longsor mempunyai sudut kelerengan yang bervariasi, yaitu kelerengan dengan sudut  $\pm 20^\circ$  yang terdapat pada daerah tengah sampai kaki longsor dan kelerengan dengan sudut  $\pm 25^\circ$  yang terdapat pada daerah mahkota hingga daerah tengah longsor dengan ketebalan soil mencapai  $\pm 20 - 30$  meter. Morfologi daerah penelitian yang miring menyebabkan gaya vertikal yang menarik batuan ke arah bawah semakin tinggi, hal ini mendukung terjadinya longsor di daerah penelitian.

Tataguna lahan di daerah longsor berupa persawahan dan di bagian hulu berupa permukiman. Kondisi sawah selalu ditanami dengan tanaman musiman seperti padi, jagung dan tembakau. Air yang terus menerus tertahan di persawahan berakibat pada bertambahnya intensitas air yang masuk ke dalam tanah. Kondisi seperti ini akan menurunkan kuat geser tanah secara signifikan dan meningkatkan beban lereng.

Sungai di daerah penelitian menempati bagian selatan daerah penelitian, di dalam blok longsor terdapat saluran yang digunakan untuk mengalirkan air ke persawahan. Hal ini mengakibatkan air meresap ke dalam tanah secara terus menerus. Kejadian ini mempercepat longsor di daerah penelitian. Kondisi geomorfologi dan tataguna lahan di daerah penelitian seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Kondisi geomorfologi dan tataguna lahan di daerah penelitian

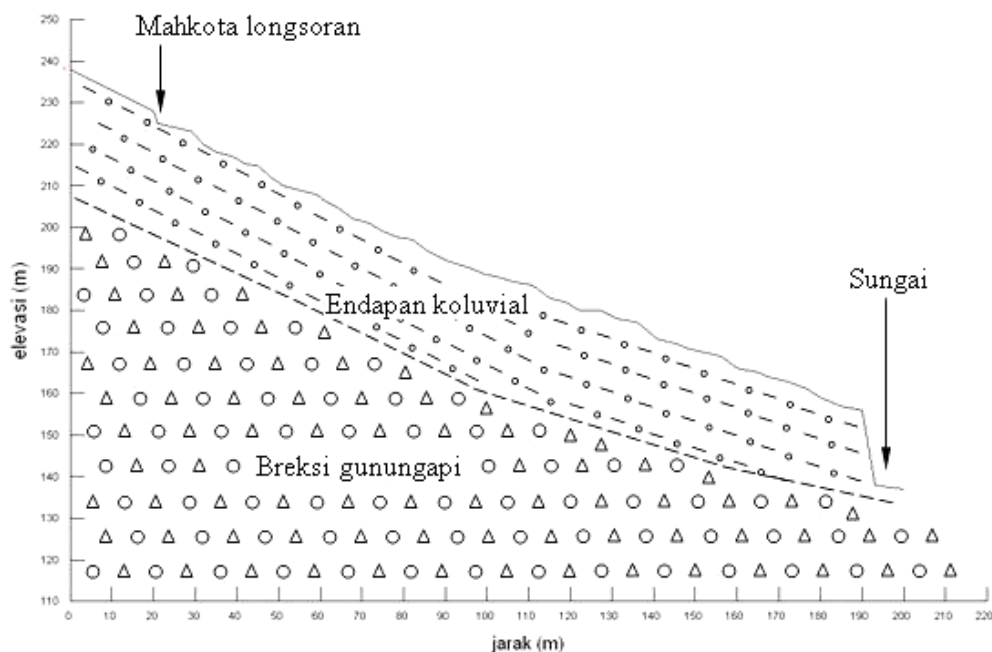
Kondisi stratigrafi/litologi daerah penelitian

Daerah penelitian terdiri dari litologi breksi gunungapi dari satuan batuan Gunungapi Ringgit yang berumur Plistosen dan endapan koluvial hasil rombakan breksi gunungapi. Litologi breksi gunungapi ditemukan di tebing sungai dan tebing jalan. Singkapan breksi gunungapi yang ditemukan di daerah penelitian umumnya masih segar. Endapan koluvial terdapat pada daerah kaki lereng termasuk pada tempat terjadinya gerakan massa tanah dengan ketebalan ± 20 – 30 meter. Endapan koluvial diperkirakan terendapkan secara selaras diatas litologi breksi gunungapi dan

berumur Holosen. Sketsa profil geologi lokasi longsor seperti terlihat dalam Gambar 3 berikut.

Hidrologi daerah penelitian

Berdasarkan hasil pengamatan dan penyelidikan di lapangan, kondisi akuifer di daerah penelitian merupakan kombinasi antara akuifer butir dan akuifer celah. Air hujan yang masuk ke bawah permukaan tanah melalui pori-pori dan celah-celah pada tanah akan menjenuhi tanah dan tanah akan mengalami penurunan kekuatan gesernya.



Gambar 3. Sketsa profil geologi lokasi longsor

Intensitas air yang meningkat pada waktu musim hujan (Desember – Maret) akan mengakibatkan air dari permukaan tanah yang masuk ke bawah permukaan juga meningkat. Peningkatan air bawah tanah menyebabkan adanya penambahan tekanan air pori. Tekanan air pori akan mengakibatkan penjumlahan yang mempercepat terubahnya partikel tanah menjadi plastis dan cair. Kondisi ini menyebabkan longsoran di daerah penelitian.

#### Mekanika tanah daerah penelitian

Hasil pemeriksaan laboratorium dilakukan untuk mengetahui nilai kuat geser tanah di daerah penelitian. Hasil pengujian geser langsung sampel tanah pada Tabel 1.

#### KONDISI LONGSORAN

Longsoran di daerah penelitian berupa tanah gerak yang telah mengalami rekahan (*crack*) dan penurunan. Tinggi tebing utama longsoran (*main scarp*) sudah lebih dari 3 meter. Terdapat 6 *minor scarp* di bagian kaki longsoran dengan ketinggian antara 10 cm – 50 cm. Di bagian kaki longsoran terdapat sungai dengan kedalaman  $\pm 20$  meter dan lebar  $\pm 7$  meter. Longsoran terjadi pada daerah dengan luas 150 m x 170 m dengan arah umum longsoran N 210° E. Dampak dari material longsoran adalah pada daerah dataran dan permukiman penduduk di bagian hilir berjarak  $\pm 2$  km. Jenis gerakan massa tanah adalah longsoran (*slides*).

#### Faktor penyebab terjadinya gerakan tanah

Faktor penyebab terjadinya gerakan tanah di daerah penelitian adalah disebabkan oleh faktor

alamiah dan faktor manusia. Faktor alamiah yang menjadi faktor pengontrol adalah kondisi geomorfologi dan stratigrafi. Faktor alamiah yang menjadi faktor pemicu adalah curah hujan yang tinggi. Intensitas hujan rata-rata selama 5 tahun di daerah penelitian pada Bulan Desember adalah 295,5 mm/bulan, Bulan Januari sebesar 212,2 mm/bulan, Bulan Februari sebesar 269,8 mm/bulan dan bulan Maret sebesar 184,6 mm/bulan. Faktor alamiah yang menjadi faktor pemicu lainnya adalah gempa bumi. Pada pertengahan Agustus 2007 telah terjadi gempa bumi di Kabupaten Situbondo. Gempa bumi tersebut akan berpengaruh terhadap longsoran di daerah penelitian. Faktor manusia yang menyebabkan longsoran di daerah penelitian adalah adanya persawahan yang membuat air terus menerus ada di permukaan dan meresap ke bawah permukaan, kenaikan intensitas air yang terus menerus menyebabkan terjadinya perubahan karakteristik tanah dan menurunkan kuat geser tanah secara signifikan di daerah penelitian. Kondisi persawahan juga akan menambah beban lereng, hal ini menyebabkan terjadinya longsoran.

#### Mekanisme gerakan tanah

Gerakan tanah di daerah penelitian disebabkan oleh terdapatnya parameter-parameter pengontrol yang terbentuk secara alamiah karena proses geologi yang meliputi litologi, sifat mekanika tanah, hidrogeologi dan morfologi. Parameter pengontrol yang dipengaruhi oleh faktor pemicu menyebabkan daerah penelitian mengalami longsoran. Faktor pemicu yang terdiri dari curah hujan dan tataguna lahan oleh manusia akan mempercepat ketidakstabilan lereng.

Tabel 1. Hasil uji geser langsung

No	Sampel	Kohesi (kg/cm <sup>2</sup> )	Sudut gesek internal ( ° )	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )
1	S0	0,27	28,20	19,02
2	S1-EO2	0,17	34,18	19,40
3	S2-EO1	0,28	35,71	18,10
4	S3-EM2	0,21	27,24	20,29
5	S4-EM3	0,23	32,94	20,95
Nilai rata-rata		0,23	31,65	19,55

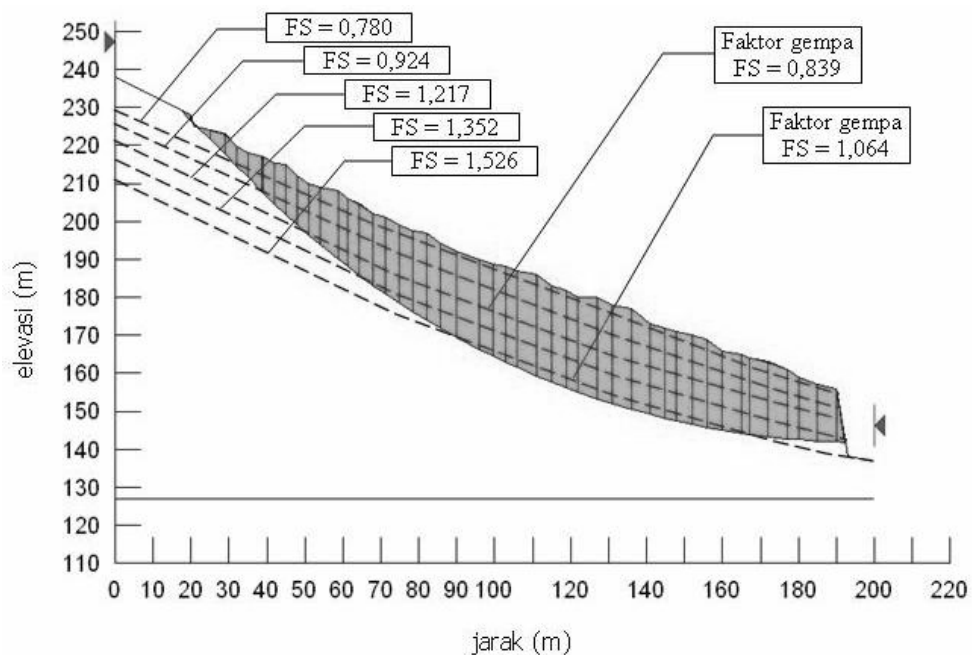
Air yang masuk ke bawah permukaan tanah akan diteruskan melalui bidang lemah. Intensitas air yang berlebihan menyebabkan ikatan antar partikel tanah menjadi renggang dan menyebabkan berkurangnya kekuatan ikatan antar partikel. Hal ini mengakibatkan longsor di daerah penelitian.

Analisis stabilitas lereng menggunakan program SLOPE/W

Perhitungan (*running*) dengan program SLOPE/W dilakukan sebanyak 5 kali dengan asumsi tinggi muka air tanah yang berbeda-beda. Perhitungan pertama dilakukan dengan asumsi muka air tanah berada pada kedalaman 20 meter, faktor aman yang didapat adalah 1,526. Perhitungan kedua dilakukan dengan asumsi muka air tanah berada pada kedalaman 15 meter, faktor aman yang didapat adalah 1,352. Perhitungan ketiga dilakukan dengan asumsi muka air tanah berada pada kedalaman 10 meter, faktor aman yang didapat adalah 1,217. Perhitungan keempat dilakukan dengan asumsi muka air tanah berada pada kedalaman 5 meter, faktor aman yang didapat adalah 0,924. Perhitungan kelima dilakukan dengan asumsi muka air tanah dekat permukaan, faktor

aman yang didapat adalah 0,780. Hasil perhitungan program SLOPE/W tersebut menunjukkan bahwa keberadaan air tanah sangat berpengaruh terhadap kestabilan lereng. Muka air tanah yang dangkal menyebabkan menurunnya kestabilan lereng.

Selain itu, perhitungan program SLOPE/W juga dilakukan dengan mempertimbangkan faktor gempa bumi. Perhitungan dilakukan sebanyak dua kali dengan tinggi muka air tanah yang berbeda. Perhitungan dilakukan untuk mengetahui pengaruh gempa bumi yang kemungkinan bisa terjadi di daerah penelitian dengan percepatan batuan  $0,15 \text{ m/s}^2$ . Perhitungan pertama dilakukan dengan asumsi muka air tanah pada kedalaman 20 meter, faktor aman yang didapat dari hasil perhitungan tersebut adalah 1,064. Kemudian perhitungan kedua dilakukan dengan asumsi muka air tanah pada kedalaman 10 meter, faktor aman yang didapat dari hasil perhitungan tersebut adalah 0,839. Hasil tersebut menunjukkan bahwa gempa bumi juga sangat berpengaruh terhadap kestabilan lereng dan menurunkan faktor aman lereng secara signifikan. Hasil perhitungan program SLOPE/W seperti terlihat pada Gambar 4.



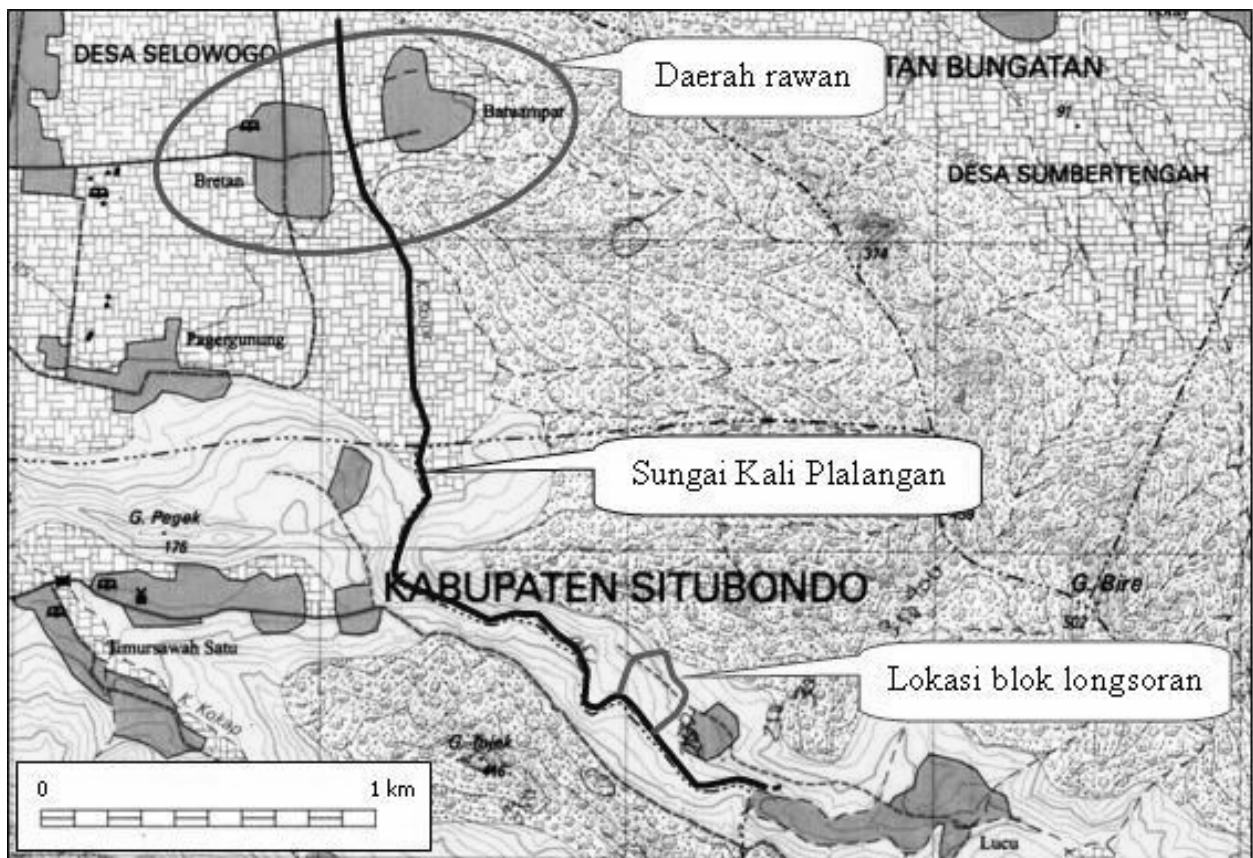
Gambar 4. Hasil perhitungan program SLOPE/W

### Identifikasi daerah rawan

Ancaman langsung dari gerakan massa tanah di Dusun Lucu Palongan adalah terhadap penduduk yang sedang bekerja di lahan pertanian dalam blok longsor. Ancamannya adalah apabila gerakan massa tanah di Dusun Lucu Palongan mengalami longsor (keruntuhan lereng), maka masyarakat yang sedang berada dalam blok longsor akan ikut terbawa longsor dan akan mengancam keselamatan jiwa. Selain itu daerah yang terancam dengan gerakan tanah di Dusun Lucu Palongan adalah daerah di bagian hilir Sungai Kali Plalangan, yaitu Dusun Bretan dan Dusun Batuampar Desa Selowogo yang merupakan daerah permukiman dengan morfologi datar yang berada tepat di sisi Sungai Kali Plalangan. Ancaman yang dapat terjadi adalah apabila gerakan tanah di Dusun Lucu Palongan mengalami longsor (keruntuhan lereng) ke arah sungai, maka material yang akan terbawa sungai

menjadi melimpah dan kemungkinan dapat terjadi banjir bandang. Di sekitar lokasi penelitian morfologi sungai sangat terjal yang memungkinkan terbentuknya bendung alamiah dari material longsor.

Selain ancaman dari keruntuhan blok longsor di Dusun Lucu Palongan, terdapat ancaman lain yang berupa jatuhnya bongkah-bongkah batuan di bagian hulu dari Sungai Kali Plalangan. Bongkah-bongkah batuan tersebut mudah lepas oleh air karena ikatan antar fragmen batuan sangat lemah. Air hujan dapat dengan mudah menggerus ikatan antar fragmen batuan tersebut, sehingga batuan akan jatuh sampai ke Sungai Kali Plalangan. Jika debit sungai besar maka dapat terjadi aliran debris/banjir bandang dengan material bongkahan-bongkahan batuan tersebut. Peta kondisi daerah rawan seperti terlihat dalam Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Peta kondisi daerah rawan (sumber : Peta Rupabumi Digital Indonesia, 1999)

## KONDISI MASYARAKAT

Kondisi masyarakat diketahui dari pengolahan data kuesioner yang telah disebar. Responden merupakan masyarakat Desa Campoan dan sekitarnya, data responden adalah sebagai berikut ini. Jenis kelamin, terdiri dari pria sebanyak 88% dan wanita sebanyak 12%. Umur responden, antara lain terdiri dari umur kurang dari 10 tahun sebanyak 0%, umur antara 10 tahun sampai 20 tahun sebanyak 32%, umur antara 20 tahun sampai 30 tahun sebesar 48%, umur antara 30 tahun sampai 40 tahun sebesar 8% dan umur diatas 40 tahun sebesar 12%. Pekerjaan masyarakat, terdiri dari petani sebesar 80%, wiraswasta sebesar 12% dan guru sebanyak 8%. Tingkat pendidikan, terdiri dari lulusan Sekolah Dasar sebanyak 68%, lulusan SLTP sebanyak 12%, lulusan SLTA sebanyak 12% dan lulusan D2 sebanyak 8%.

Hasil yang diperoleh antara lain pemahaman masyarakat terhadap tanah longsor adalah sangat rendah 16%, rendah 20%, sedang 28%, tinggi 32% dan sangat tinggi sebesar 4%. Pemahaman masyarakat terhadap sistem peringatan dini adalah sangat rendah 16%, rendah 32%, sedang 16%, tinggi 28% dan sangat tinggi sebesar 8%. Persentase tersebut menunjukkan bahwa masih besarnya masyarakat yang belum memahami tanah longsor dan sistem peringatan dini.

## PERENCANAAN SISTEM PERINGATAN DINI

Perencanaan pemasangan alat pemantau gerakan tanah

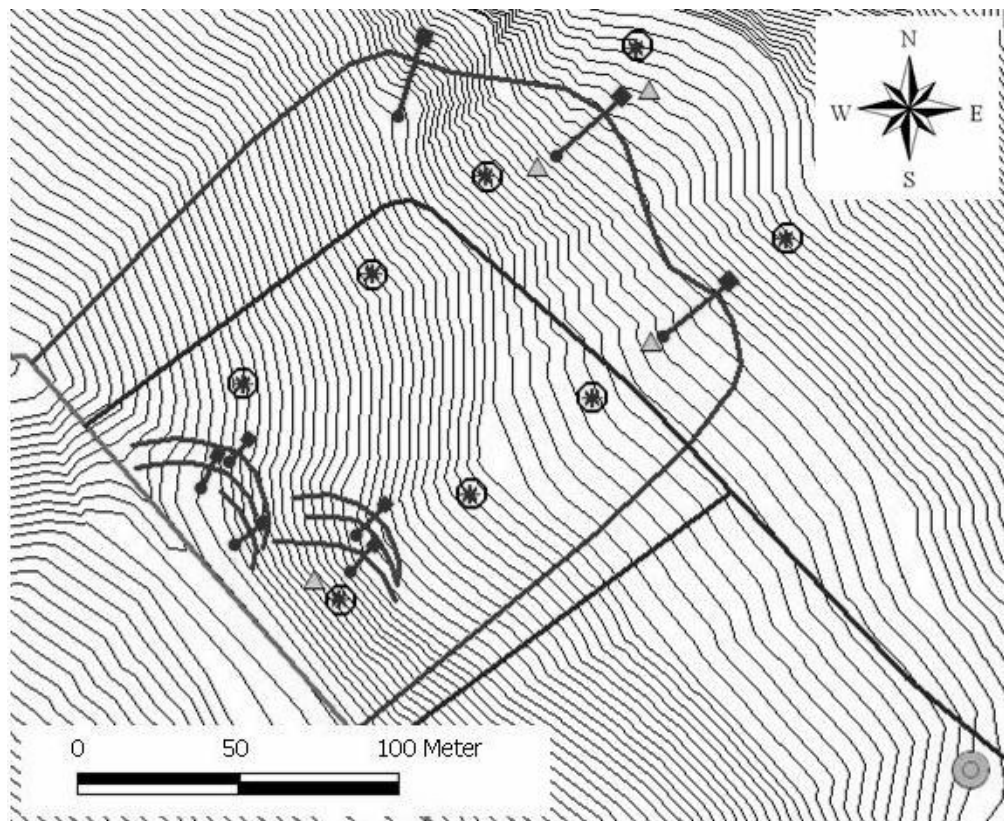
Penetapan lokasi pemasangan instrumen peringatan dini di lokasi penelitian didasarkan pada permasalahan teknik, kondisi longsor dan kondisi sosial. Dari pengamatan lapangan, dalam blok longsor memungkinkan untuk dibuat garis tinjauan sebanyak 2 buah yaitu pada kedua puncak dari blok longsor. Pada masing-masing garis tinjauan dilakukan pengeboran sebanyak 3 lubang bor dalam blok longsor dengan jarak antar lubang bor  $\pm 40$  meter dan satu lubang bor di belakang mahkota longsor. Jumlah lubang bor secara keseluruhan sebanyak 8 lubang bor. Fungsi dari pengeboran antara lain untuk mengetahui struktur geologi dan bidang gelincir serta untuk

memasang alat pemantauan muka air tanah (*pore pressure gauge*) dan alat pemantauan bidang gelincir (*strain gauge/borehole inclinometer*).

Tiltmeter dipasang untuk mempelajari perluasan yang potensial dari area longsor. Tiltmeter dipasang pada 4 titik yaitu 1 titik di belakang mahkota dan 3 titik dalam blok longsor. Pada masing-masing titik dipasang 2 unit tiltmeter dengan arah utara-selatan dan barat-timur. Extensometer otomatis dipasang pada daerah dengan tingkat keaktifan pergerakan tanah yang relatif lebih besar. Extensometer otomatis sebanyak 2 unit masing-masing dipasang pada mahkota/tebing utama longsor (*main scarp*). Extensometer manual sebanyak 3 unit masing-masing 2 unit dipasang pada *scarp minor* di bagian kaki longsor dan 1 unit dipasang pada bagian pinggir sebelah barat tebing utama longsor. Alat pengukuran pergerakan tanah sederhana menggunakan papan kayu memungkinkan dipasang sebanyak 3 unit pada *scarp minor* di bagian kaki longsor, karena penurunan permukaan tanah belum besar. Pencatat curah hujan dipasang untuk mengukur intensitas curah hujan yang terjadi di daerah blok longsor. Pencatat curah hujan otomatis sebanyak 1 unit dipasang pada perkampungan penduduk supaya aman dari longsor dan dapat selalu dikontrol. Untuk bisa menjalankan suatu sistem peringatan dini bencana alam tanah longsor, alat-alat pemantau gerakan tanah yang dipasang tersebut harus dihubungkan dengan sirine yang penempatannya di perkampungan penduduk. Perencanaan posisi pemasangan alat pemantau gerakan tanah seperti Gambar 6.

Disamping alat pemantau gerakan tanah yang telah disebutkan diatas, di daerah Dusun Lucu Palongan dan sekitarnya juga masih memerlukan beberapa alat lainnya untuk penanganan gerakan tanah dengan tipe jatuhnya batu. Kondisi geologi di daerah Dusun Lucu Palongan dan sekitarnya didominasi oleh batuan breksi gunungapi yang pada umumnya sudah melapuk di bagian permukaan. Lapukan tersebut menghasilkan bongkah-bongkah batuan yang mudah lepas karena daya rekat antar fragmen batuan sangat lemah. Alat yang dapat dipasang untuk memantau gerakan tanah tipe jatuhnya batu antara lain sensor kabel (*wire sensor*) dan sensor getar (*vibration sensor*).





Keterangan :

- |   |  |   |                 |
|---|--|---|-----------------|
| * | Strain gauge/Borehole inclinometer/Pore pressure gauge |   |                 |
| ○ | Lubang bor   | — | Saluran irigasi |
| ● | Curah hujan  | — | Blok longsor    |
| △ | Tiltmeter  | — | Sungai          |
| ■ | Extensometer   |   |                 |

Gambar 6. Perencanaan lokasi pemasangan alat pemantau gerakan tanah

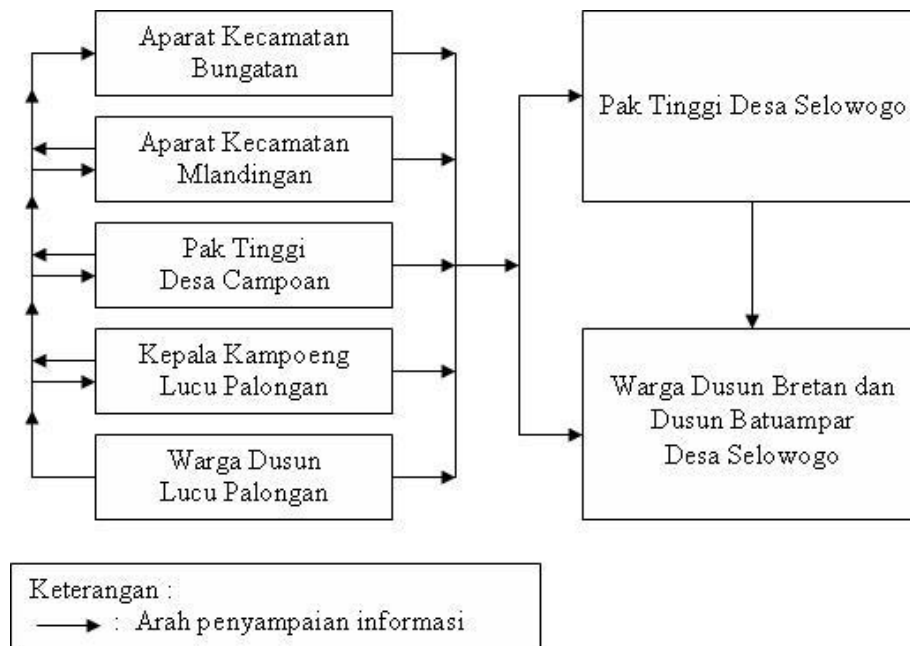
#### Sistem penyampaian informasi peringatan dini

Dari pengamatan di lapangan, sarana komunikasi antar warga sudah menggunakan handphone (HP). Pelaporan/penyampaian informasi saat terjadi bencana alam gerakan tanah di Dusun Lucu Palongan adalah secepat mungkin informasi dapat sampai ke warga Dusun Bretan dan Batuampar. Informasi adanya gejala/kejadian gerakan tanah pertama sekali diketahui oleh warga Dusun Lucu Palongan melalui alat pemantau gerakan tanah yang dihubungkan dengan sirine. Kemudian informasi tersebut diteruskan sampai diterima oleh warga Dusun Bretan dan warga Dusun Batuampar Desa Selowogo. Sistem pelaporan sebaiknya menggunakan peralatan alat komunikasi seperti telepon, handphone (HP) dan handytalky (HT),

juga dapat menggunakan kentungan dengan cara estafet. Jalur informasi sistem pelaporan seperti pada Gambar 7 berikut.

#### Sosialisasi

Sosialisasi sangat perlu dilakukan mengingat masih rendahnya pemahaman masyarakat terhadap tanah longsor dan sistem peringatan dini. Sosialisasi dilakukan untuk memberikan pengetahuan kepada masyarakat mengenai faktor-faktor penyebab terjadinya tanah longsor dan ciri-ciri yang harus diwaspadai serta pengenalan sistem peringatan dini bencana tanah longsor kepada masyarakat. Target peserta sosialisasi adalah masyarakat yang tinggal dan bekerja pada daerah rawan longsor.



Gambar 7. Skema alur pelaporan bila terjadi bencana tanah longsor

Sosialisasi dilakukan dengan bahasa Madura karena sebagian besar masyarakat tidak mengerti bahasa Indonesia. Materi sosialisasi diutamakan mengenai pengetahuan tentang bencana tanah longsor dan sistem peringatan dini dengan maksud untuk membekali penduduk setempat agar mereka tahu bahwa mereka hidup pada daerah yang rawan longsor, namun bagaimana agar mereka bisa hidup selamat dan dapat terhindar dari bencana alam tanah longsor. Materi sosialisasi disampaikan oleh Camat Kecamatan Mlandingan.

Antusiasme masyarakat untuk datang ke acara sosialisasi sangat besar. Jumlah masyarakat yang datang pada acara sosialisasi lebih dari 300 orang. Tanggapan dan reaksi masyarakat terhadap materi sosialisasi cukup baik, rasa keingintahuan masyarakat terkait materi sosialisasi sangat besar, itu terlihat dari banyaknya pertanyaan yang disampaikan masyarakat dalam sesi tanya jawab.

Masyarakat yang datang dalam acara sosialisasi diharapkan dapat menyerap dengan baik materi yang diberikan dan dapat mengaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari. Dengan peningkatan pemahaman terhadap fenomena alam yang menyebabkan daerah mereka rentan gerakan massa tanah, diharapkan dapat menurunkan resiko terkait bencana alam gerakan massa tanah.

## KESIMPULAN

1. Litologi daerah penelitian tersusun dari endapan kolumial yang sebagian besar sudah mengalami pelapukan dengan ketebalan mencapai 20 – 30 meter. Morfologi lereng di daerah penelitian antara 20° - 25°, dengan penggunaan lahan pada lereng sebagai persawahan yang selalu ditanami tanaman musiman.
2. Pemahaman masyarakat di daerah penelitian tentang tanah longsor adalah sangat rendah 16%, rendah 20%, sedang 28%, tinggi 32% dan sangat tinggi sebesar 4%. Pemahaman masyarakat terhadap sistem peringatan dini adalah sangat rendah 16%, rendah 32%, sedang 16%, tinggi 28% dan sangat tinggi sebesar 8%. Persentase tersebut menunjukkan bahwa masih besarnya masyarakat yang belum memahami tanah longsor dan sistem peringatan dini.
3. Jenis gerakan tanah yang terjadi di daerah penelitian adalah longoran (*slides*). Adanya persawahan pada lereng yang membuat air secara terus menerus ada di permukaan dan meresap ke bawah permukaan, akan menyebabkan kenaikan intensitas air yang masuk, menurunkan kuat geser tanah secara signifikan dan akan menambah beban lereng. Selain itu,

gempa bumi yang kemungkinan bisa terjadi di daerah penelitian, dengan percepatan batuan  $0,15 \text{ m/s}^2$ , akan menurunkan nilai faktor aman pada lereng secara signifikan merupakan faktor-faktor penyebab terjadinya gerakan tanah di daerah penelitian.

4. Bila terjadi longsoran, material longsoran akan langsung jatuh ke sungai dan dapat menjadi bendung alam dengan kemungkinan terjadinya banjir bandang yang membahayakan masyarakat di sebelah hilir, yaitu Dusun Bretan dan Dusun Batuampar Desa Selowogo yang berada tepat disisi Kali Plalangan.
5. Penanganan yang dilakukan adalah dengan pendekatan sistem peringatan dini. Untuk bisa menjalankan suatu sistem peringatan dini bencana alam tanah longsor, alat-alat pemantau gerakan tanah harus dihubungkan dengan sirine. Jika sirine berbunyi, seluruh warga Dusun Lucu Palongan dan masyarakat yang berada di dalam blok longsoran akan mendengar bunyi sirine tersebut, masyarakat harus segera meninggalkan blok longsoran. Informasi terjadinya longsoran harus secepat mungkin dapat sampai ke warga Dusun Bretan dan Batuampar. Setelah mendapatkan informasi, warga harus segera mengungsi.

#### DAFTAR PUSATAKA

- Anonim, 1999, *Peta Rupabumi Digital Indonesia 1 : 25.000 Lembar Wringin*, Dicitak dan diterbitkan oleh Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL), Bogor.
- Anonim, 2002, *SLOPE/W for Slope Stability Analysis Version 5, User's Guide*, GEOSLOPE INTERNASIONAL Ltd. Calgary, Alberta, Canada.
- Anonim, 2006, *Kabupaten Situbondo Dalam Angka 2005*, Pemerintah Kabupaten Situbondo, Kerjasama Badan Pusat Statistik dan Bap-pekab Situbondo, Situbondo.
- Hardiyatmo, H.C., 2006, *Mekanika Tanah 1*, Edisi Keempat, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Karnawati, D., 2001, *Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor dengan Pemberdayaan Masyarakat*, Lokakarya Nasional Pengembangan Sistem Peringatan Dini Sebagai Upaya Pencegahan dan Pengurangan Dampak Bencana Alam, Yogyakarta.
- Karnawati, D., dan Fathani, T.F., 2007, *Extensometer Otomatis dengan Anglemeter, Kompas dan Alarm, Extensometer Manual dengan Anglemeter, Kompas dan Alarm, Alat Pengukur Curah Hujan Otomatis*, Petunjuk Manual, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada bekerjasama dengan Kementerian Percepatan Pembangunan Daerah Tertinggal Republik Indonesia, Yogyakarta.
- Nakamura, H., 1996, *Landslide in Japan*, The Landslide Society National Conference of Landslide Control, The Fifth revision, Japan.
- Pendowo, B., dan Samodra H., 1997, *Peta Geologi 1 : 50.000 Lembar Besuki Jawa*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Raharjanto, K., 2002, *Bencana Alam Banjir Bandang Bercampur Sedimen di Daerah Situbondo, Jawa Timur*, Prosiding Simposium Nasional Pencegahan Bencana Sedimen Yogyakarta 12 – 13 Maret 2002, Yogyakarta.
- Standar Nasional Indonesia (SNI 03-1726-2002) *Tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.