

SIGAP GERAKAN TANAH, SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS APLIKASI PENANGANAN GERAKAN TANAH

Zufialdi Zakaria

Laboratorium Geologi Teknik, Fakultas Teknik Geologi, UNPAD

PENDAHULUAN

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan perangkat informatif yang cepat dan mudah diakses setelah semua data informasi digabungkan ke dalam suatu perangkat lunak (*software*) komputer.

Banyak manfaat yang didapat dari SIG ini. Aplikasinya dapat digunakan untuk bidang sosial, ekonomi, politik, budaya, maupun pertahanan dan keamanan. Selain itu, SIG tersebut juga bermanfaat bagi aplikasi penanganan bencana-bencana alam seperti bencana longsor (gerakan tanah), tsunami, gempa dan lain-lain, juga dalam penetapan kawasan rawan banjir (Sukiyah, et al., 2004).

DATA UNTUK MASALAH LONGSOR

Secara umum, inventarisasi data berupa peta-peta dibutuhkan untuk mengetahui jenis lokasi, dimensi dan inventarisasi/frekuensi gerakan tanah/longsor skala harus disesuaikan dengan ditambahkan penjelasan-penjelasan yang akurat agar hasil penyelidikan tidak menyalahi ketentuan yang berlaku, terutama untuk menghindari aturan-aturan yang akan menyulitkan dari Badan Penanggulangan Bencana Nasional mengenai peta-peta. Data regional atau data sekunder yang diperlukan berupa : Peta rupa bumi / topografi, Peta geologi regional, Peta Curah Hujan, Peta kebencanaan geologi (Peta zona rawan tsunami, peta zona gempa, peta zona kerentanan gerakan tanah), jika ada diperlukan juga Peta lokasi kejadian-kejadian longsor, dan Peta seismotektonik. Skala disesuaikan. Semakin besar skala berimplikasi kepada *cost* dan waktu pembuatan.

Informasi kejadian dan lokasi longsor yang bisa didapat dari: internet, data kebencanaan di propinsi-kabupaten-kecamatan, atau dari pustaka hasil peneliti dan penyelidik terdahulu.

Hasil kajian pustaka dan kajian survey lapangan diharapkan didapat peta-peta terbaru, a.l. : Peta inventarisasi lokasi longsor terbaru (berisi a.l: Jenis, lokasi, dimensi, frekuensi longsor dari tahun-tahun sebelumnya sampai sekarang). Peta Indikasi Longsor (berisi a.l. : berbagai informasi indikasi rawan longsor). Peta Orde Longsoran atau Peta Zonasi Longsoran (berdasarkan data indikasi orde longsoran, kemiringan lereng, batuan dan tanah, iklim / curah hujan)

Dalam penanganan bencana longsor secara holistik, data sosial-ekonomi dan sosial-budaya masyarakat setempat perlu diinventarisir untuk identifikasi solusi penanggulangan yang tepat (efisien dan efektif). Berbagai metode dapat dilakukan, antara lain dengan menggunakan metoda *PRA (Participation Rural Appraisal* dengan melibatkan masyarakat pedesaan dapat ikut berpartisipasi) untuk mempelajari peran aktif masyarakat, pemerintah, maupun pengusaha setempat.

Masyarakat hidup dengan pendidikan beragam, maka perlu data sosial-ekonomi-budaya penduduk setempat. Pencarian data bisa dimulai dengan kuesioner atau wawancara.

Beberapa model penanganan dapat dilakukan, misalnya dengan menggunakan model STARLET (Stabilisasi dan Rancangbangun Lereng Terpadu) untuk memberikan solusi penanggulangan yang tepat bagi

daerah yang sudah longsor maupun yang rawan (Zakaria, 2000; Zakaria, 2004; Zakaria, 2010). Dibutuhkan pula identifikasi, deskripsi dan interpretasi longsor yang terjadi. Hasil: berupa penanggulangan gerakan tanah (longsor) berbasis masyarakat di tingkat desa atau kecamatan.

Analisis resiko bencana berdasarkan data geologi, data sosial ekonomi dan data sosial budaya masyarakat akan mendukung Peta Zona Resiko dan Kebencana Gerakan Tanah, selain memperbaiki Peta Geografi dan Kependudukan. Hasil didapat berupa analisa resiko bencana gerakan tanah yang dapat didekati dengan berbagai metode, misalnya dengan berdasarkan AHP (*Analysis Hierarchy Prosedure*), seperti pada analisis mengenai bencana tsunami (Oktariadi, 2008)

Dalam penelitian dan pengkajian daerah rawan gerakan tanah/longsor, mikro zoning atau pemetaan daerah rawan gerakan tanah/longsor untuk lahan pemukiman padat skala 1 : 25.000 dibutuhkan untuk menampilkan zona longsor yang dapat diidentifikasi, selain mengetahui Orde Longsorannya. Hasilnya berupa Peta Zonasi Daerah Beresiko Longsoran (berdasarkan data indikasi orde longsoran, kemiringan lereng, batuan dan tanah, iklim / curah hujan, Peta Zonasi Longsoran dan Peta Orde Longsoran) . Semakin besar skala berimplikasi kepada *cost* dan waktu.

Dalam penelitian tersebut perlu dicantumkan pula upaya-upaya penanggulangan pada kawasan kerentanan tinggi yang meliputi pengendalian aliran air tanah dan air permukaan pada lereng dan daerah sekitarnya, survei langsung di lapangan baik sebelum, saat maupun pasca longsor, identifikasi data struktur geologi (bidang-bidang diskontinuitas), jika ada. Metode STARLET dapat dimanfaatkan pada pemetaan longsoran skala besar di kawasan kerentanan tinggi, dilanjutkan dengan analisis lereng rawan longsor, rancang bangun lereng stabil

terhadap lereng rawan longsor, pengelolaan lingkungan di kawasan kerentanan tinggi, dan pemantauan lingkungan di kawasan kerentanan tinggi

Pencegahan dan peringatan dini adalah bagian dari mitigasi, yaitu upaya-upaya penanganan untuk mencegah, membatasi atau membuat stabilisasi. Untuk itu dibutuhkan sosialisasi mitigasi bencana tanah longsor yang secara teknis dapat menggunakan metoda *PRA (Participation Rural Appraisal)* dengan melibatkan masyarakat pedesaan agar dapat ikut berpartisipasi (Paripurno, 2000; Paripurno, 2004) untuk mempelajari peran aktif masyarakat, pemerintah, maupun pengusaha setempat. Cara sosialisasi lainnya adalah dengan mencetak dan menyebarkan brosur, poster, dan buku komik bencana, atau melakukan penyuluhan kepada masyarakat, pengajaran ke siswa-siswa SD sampai SMA, simulasi penanganan bencana, seminar untuk siswa SMA atau mahasiswa dan umum

Setiap daerah yang rawan longsor sebaiknya dilakukan evaluasi tata ruang kawasan dengan memperhatikan aspek longsor. Dibutuhkan data litologi, geomorfologi, struktur geologi, seismotektonik, dan mekanika tanah/batuan, dan sebagainya. Data RTRW (Rencana Tata Ruang Wilayah) yang lama hendaknya dievaluasi dengan melihat kepada UU No 26 / 2007 tentang tata ruang, perencanaan, kewilayahan. Jika ada data geologi permukaan dan bawah permukaan, maka evaluasi tata ruang kawasan yang berbasis geologi dapat dilakukan secara optimal.

Agar semua informasi dapat ditemukan dan diambil secara cepat, maka perlu di bangun sistem informasi berbasis spasial dengan mengintegrasikan teknologi *remote sensing* dan SIG (Sistem Informasi geografis). Untuk itu, semua data dan hasil kajian kebencanaan dapat digabungkan dalam Sistem Informasi Geografis Aplikasi Penanganan Bencana Longsor atau disingkat SIGAP Bencana Long-

sor (Zakaria, 2007). SIGAP ini dapat dikembangkan lebih jauh untuk penanganan bencana lainnya, misalnya :

- a) SIGAP Bencana Tsunami
- b) SIGAP Bencana Banjir
- c) SIGAP Letusan Gunungapi
- d) SIGAP Bencana Gempabumi
- e) SIGAP Bencana Kebakaran
- f) SIGAP Bencana Kebocoran Nuklir, dll.

Agar komunikatif dan gampang digunakannya, maka untuk SIGAP Longsor/Gerakan Tanah perlu dibentuk khusus Tim pembuatan sistem informasi geografis, yang didukung oleh tim tenaga ahli geologi, geoteknik, hidogeologi, remote sensing, GIS, geomedia, dll.

SIGAP GERAKAN TANAH

Untuk aplikasi penanganan gerakan tanah, dibuat model Sistem Informasi Geografis Aplikasi Penanganan Gerakan Tanah atau disingkat SIGAP Gerakan Tanah yang memuat informasi dalam suatu wilayah (berupa peta) sebagai berikut:

1. Informasi Geografis
2. Informasi Geologi
3. Informasi Geologi Teknik (Keteknikan Batuan dan/atau Tanah)
4. Informasi Iklim dan Hidrogeologi
5. Informasi Geomorfologi
6. Informasi Seismotektonik
7. Informasi Kependudukan
8. Informasi Sosial dan Ekonomi
9. Informasi Fasilitas Umum
10. Informasi Manajemen Bencana
11. Informasi Gerakan Tanah (Orde Longsor)
12. Informasi Peringatan Dini
13. Informasi Penanganan Darurat
14. Informasi Kejadian Longsor dan Penanganan
15. Informasi Evaluasi dan Rencana Tindak Lanjut
16. Informasi Nomor Alamat, Website, E-mail dan Telepon

Informasi di atas adalah juga merupakan data penting bagi penanganan gerakan tanah (longsor) secara sigap, sebab itulah sistem informasi ini disebut dengan Sistem Informasi Geografis Aplikasi Penanganan Gerakan Tanah atau disingkat SIGAP Gerakan Tanah

INFORMASI YANG TERMUAT DALAM SIGAP GERAKAN TANAH

A. Informasi Geografis

Informasi geografis memuat nama dan luas dari lokasi, tempat atau wilayah, serta batas-batasnya disertai posisi koordinatnya. Peta atau data bisa didapat dari Bakosurtanal. Untuk peta yang detail atau sangat detail, dilakukan pemetaan tersendiri. Informasi geografis memuat data sebagai berikut:

1. Nama lokasi, tempat, wilayah berupa : Kampung/dusun, desa, kota, sungai, bukit, gunung, danau
2. Luas lokasi, tempat atau wilayah: Kampung/dusun, desa, kota, sungai, bukit, gunung, danau
3. Batas lokasi, tempat, wilayah: Kampung/dusun, desa, kota, sungai, bukit, gunung, danau
4. Kotur ketinggian dan titik-titik triangulasi (*benchmark*)
5. Koordinat geografis: Posisi koordinat batas wilayah dan masing-masing tempat

B. Informasi Geologi

Informasi geologi memuat satuan batuan (Formasi) dan luas satuan batuan serta struktur yang berperan dalam satuan batuan pada suatu wilayah, serta batas-batasnya. Peta bisa didapat dari Pusat Survey Geologi (PSG). Untuk Peta Detail, bisa dilakukan pemetaan geologi tersendiri. Data ini memuat informasi geologi sebagai berikut:

1. Satuan batuan
 - a. Nama satuan batuan (disebandingkan dengan Formasi): Batuan beku, Batuan sedimen, Batuan Metamorf

- b. Strike/dip batuan sedimen.
 - c. Struktur geologi yang berkembang: Perlipatan (Antiklin, Sinklin), Patahan (Naik, Normal, Mendatar), Kekar
 - d. Posisi stratigrafi satuan batuan (formasi)
 - e. Umur batuan : Kuartar, Pra-Kuartar
2. Luas satuan batuan
 3. Batas-batas satuan batuan
 4. Skala Peta Geologi disesuaikan dengan keperluan, mulai dari skala detail, semi detail, lokal atau regional

Catatan:

Batuan dapat diklasifikasi menjadi beberapa jenis batuan bergantung genetiknya. *Batuan beku* terbentuk dari satu atau beberapa jenis mineral akibat pembekuan dari magma. Berdasarkan teksturnya batuan beku ini bisa dibedakan menjadi batuan beku plutonik dan vulkanik. Batuan beku plutonik terbentuk dari pembekuan magma di bawah permukaan bumi yang relatif lebih lambat sehingga mineral-mineral penyusunnya relatif besar. Contoh batuan beku plutonik ini seperti gabro, diorite, dan granit (yang sering dijadikan hiasan rumah). Batuan beku vulkanik terbentuk dari hasil erupsi gunungapi, pembekuan magma yang terjadi sangat cepat sehingga mineral penyusunnya lebih kecil. Contohnya adalah basalt, andesit, dan dasit.

Klasifikasi batuan beku berdasarkan kandungan SiO_2 dibedakan menjadi: Batuan beku asam, apabila kandungan SiO_2 lebih dari 66%. Contohnya adalah riolit. Batuan beku intermedia-te, apabila kandungan SiO_2 antara 52% - 66%. Contohnya adalah dasit. Batuan beku basa, apabila kandungan SiO_2 antara 45% - 52%. Contohnya adalah andesit. Batuan beku ultra basa, apabila kandungan SiO_2 kurang dari 45%. Contohnya adalah basalt.

Klasifikasi batuan sedimen terdiri atas batuan sedimen klastik, batuan sedimen kimia, dan batuan sedimen

organik. Batuan sedimen terbentuk dari litifikasi endapan sedimen.

Batuan sediment klastik, berdasarkan ukuran butirnya yang terbentuk melalui proses pengendapan dari material-material yang mengalami proses transportasi. Dibagi menjadi klastika halus (lanau dan lempung) dan klastika kasar (pasir sangat halus sampai bongkah). Batuan klastika kasar berukuran diatas 2 mm yang berbentuk butir menyudut, dinamakan breksi. Batuan klastika kasar berukuran diatas 2 mm yang berbentuk butir membundar, dinamakan konglomerat.

Batuan sedimen kimia terbentuk melalui proses presipitasi (hujan) dari larutan. Contohnya anhidrit dan batu garam (salt).

Batuan sedimen organik terbentuk dari gabungan sisa-sisa organisme makhluk hidup. Misalnya adalah batugamping terumbu, bersifat karbonatan.

Batuan metamorf atau *batuan mahlahan* adalah batuan yang terbentuk akibat proses perubahan temperatur dan/atau tekanan dari batuan yang telah ada sebelumnya. Batuan sebelumnya (batuan beku, batuan sedimen atau batuan metamorf sendiri) berubah tekstur dan strukturnya sehingga membentuk batuan baru dengan tekstur dan struktur yang baru pula. Misalnya batu sabak atau slate yang merupakan perubahan batu lempung, marmer dari batugamping.

C. Informasi Geologi Teknik (Keteknikan Batuan dan/atau Tanah)

Informasi geologi teknik memuat sifat-sifat keteknikan batuan/tanah. Luas satuan geologi teknik disesuaikan dengan keperluan jenis petanya, mulai dari sangat detail, detail, lokasi sampai regional. Data yang dapat dicantumkan adalah sebagai berikut:

1. Mekanika Batuan : Kadar air, kohesi, sudut geser dalam, bobot satuan isi, RQD, RMR

2. Mekanika Tanah : Sifat indeks, sifat mekanik dan sifat fisik, a.l. : Kadar air, kohesi, sudut geser dalam, bobot satuan isi, koefisien permeabilitas
3. Nama satuan geologi teknik
4. Batas-batas satuan geologi teknik
5. Skala peta geologi teknik, disesuaikan dengan keperluan. Peta geologi teknik dibagi menjadi 4 jenis (lihat Tabel 1)

D. Informasi Iklim dan Hidrogeologi

Informasi ini memuat data yang berhubungan dengan iklim dan hidrogeologi. Peta Curah Hujan dan data klimatologi bisa didapat dari Badan Meteorologi. Pada kasus khusus, curah hujan diukur di lokasi yang bersangkutan. Data memuat :

1. Banyaknya curah hujan
2. Intensitas curah hujan
3. Hidrogeologi : Permeabilitas, arah aliran air tanah, debit air tanah, kedalaman MAT
4. Luas wilayah dengan data iklim
5. Luas wilayah hidrogeologi

E. Informasi Geomorfologi

Informasi ini memuat data geomorfologi yang dihimpun dari berbagai aspek, antara lain:

1. Morfologi : Relief, pola pengaliran,
2. Morfometri : Kemiringan lereng (datar hingga terjal) dan tinggi.
3. Morfogenetik
 - a. Proses : Endogen (Tektonik, patahan, perlipatan, kekar), Eksogen (Pelapukan, erosi)
 - b. Material: Batuan (beku, sedimen, metamorf), Tanah (Lapukan batuan, soil)
 - c. Umur / Waktu Geologi: Kuartar, Pra-Kuartar
4. Luas wilayah satuan geomorfologi
5. Jika memungkinkan dapat dibuat Peta Satuan Morfogenetik, yang memuat data no. 1 s.d 4 di atas secara bersamaan. Peta ini dapat menampilkan satuan morfotektonik dengan penomoran empat digit (Tabel 2)

Catatan :

Geomorfologi membicarakan tentang bentuklahan dan proses yang terjadi di permukaan bumi termasuk pergerakan material, air dan drainase serta faktor lain yang memicu terjadinya proses geomorfologi tersebut. Komponen geomorfologi dapat ditelusuri melalui morfometri, morfografi, morfogenetik. Klasifikasi morfometri di dapat dari perbedaan kemiringan lereng. Klasifikasi morfografi didapat dari pola pengaliran sungai yang dibentuk, stadium erosi, kerapatan kontur dan interval kontur. Klasifikasi morfogenetik didapat dari proses yang berperan terhadap pembentukan morfologi, material yang terlibat, dan waktu pembentukannya. Proses yang terlibat berupa proses eksogen (pelapukan dan erosi) maupun proses endogen (tektonik).

F. Informasi Seismotektonik

Peta dan/atau data bisa didapat dari Pusat Survey Geologi, Dinas Pemukiman dan Prasarana Wilayah, atau data Badan Meteorologi. Informasi ini berhubungan dengan kegempaan yang memuat data. a.l. :

1. Lokasi pusat gempa
2. Koordinat pusat gempa
3. Kekuatan gempa
4. Pengaruh dari pusat gempa ke wilayah lain
5. Tahun kejadian dan perulangan gempa
6. Koefisien percepatan gempa
7. Sumber informasi

G. Informasi Kependudukan

Data kependudukan termasuk informasi penting, terutama untuk mengetahui kemungkinan jumlah korban jiwa yang terkena bencana longsor, juga data untuk mitigasi. Informasi memuat a.l.:

1. Jumlah penduduk; (Lelaki, Perempuan) di tiap daerah
2. Distribusi umur penduduk (bayi, anak-anak, dewasa, lansia)
3. Mata pencaharian
4. Fasilitas umum

5. Pusat-pusat pemerintahan, kantor pemerintah, masjid, lapangan, dll.

H. Informasi Sosial dan Ekonomi

Informasi memuat hal-hal yang berkaitan dengan sosial ekonomi, termasuk penyebaran pusat-pusat ekonomi. Data memuat a.l.:

1. Tingkat pendidikan
2. Mata pencaharian
3. Usia produktif penduduk
4. Pusat-pusat ekonomi (Pasar, mall, supermarket, kakilima, lokasi pertambangan, lokasi gudang bahan tambang, lokasi pusat energy/listrik, gudang bahan bakar untuk pusat energy listrik.

I. Informasi Fasilitas Umum

Informasi ini memuat data yang berhubungan dengan fasilitas umum, a.l. :

1. Lokasi pusat perdagangan
2. Lokasi pusat pemerintahan
3. Lokasi pusat pendidikan (sekolah: TK, SD, SMP, SMA, Perguruan Tinggi)
4. Lokasi rumah ibadah
5. Lokasi lapangan / tempat olah raga
6. Lokasi taman
7. Lokasi pusat komunikasi (kantor telepon, kantor pos)

J. Informasi Manajemen Bencana

Informasi memuat hal-hal yang berhubungan dengan pengelolaan bencana, termasuk lokasi-lokasi pengambil keputusan. Data memuat a.l.:

1. Lokasi kantor-kantor pemerintahan setempat
2. Lokasi kantor koordinasi kebencanaan
3. Lokasi kantor Badan Penanggulangan Bencana di Daerah.
4. Lokasi pusat komunikasi / telekomunikasi
5. Lokasi Pemadam Kebakaran
6. Lokasi pusat-pusat kesehatan, Poli Klinik, Rumah Sakit,

K. Informasi Gerakan Tanah (Longsor)

Data memuat informasi yang berhubungan dengan longsor. Data bisa berupa Peta Orde Longsoran, atau peta dengan informasi lain, dengan skala peta disesuaikan (Tabel 3) berupa :

1. Lokasi indikasi rawan longsor
2. Lokasi kejadian longsor dan faktor penyebab.
3. Lokasi longsor dengan data faktor pemicu longsor
4. Jenis longsor (sesuai dengan pemetaan orde longsoran)
5. Material longsor (batu, bahan rombakan, tanah, material sampah, dll.)

L. Informasi Peringatan Dini

Informasi peringatan dini, memuat sistem peringatan dini berupa alarm, bunyi sirine, dan sebagainya. Informasi memuat data, a.l.:

1. Mitigasi longsor
2. Jenis peringatan dini
3. Pusat pengendalian informasi peringatan dini (kantor kepala desa, perangkat desa, aparat pemerintah dari desa sampai pemerintah pusat)
4. Pusat komando / instruksi tindak lanjut

M. Informasi Penanganan Darurat

Informasi ini memuat penanganan darurat jika terjadi bencana longsor. Data memuat hal-hal yang diperlukan pada kejadian longsor, a.l.:

1. Lokasi pengungsian atau daerah aman dari longsor.
2. Lokasi darurat penanganan korban
3. Lokasi pusat kesehatan, poliklinik atau rumah sakit
4. Pusat logistik
5. Pusat sarana dan prasarana logistik (tenda, peralatan masak, gudang makanan)
6. Pusat komando penanganan darurat.
7. Lokasi Badan Penanggulangan Bencana daerah

N. Informasi Kejadian Longsor dan Penanganan

Informasi meliputi : 1) Lokasi kejadian longsor, 2) Cara Penanganan, 3) Pusat kendali informasi / jaringan komunikasi

O. Informasi Evaluasi dan Rencana Tindak Lanjut

Memuat informasi berupa data:

1. Evaluasi kejadian longsor (lokasi, waktu, jumlah korban dan kerugian baguan rusak, dll.)
2. Evaluasi penanganan (pengungsian, pembuatan permukiman sementara/tenda, tenda rumah sakit darurat, tenda logistik, dapur umum)
3. Rencana tindak lanjut penanganan

P. Informasi Nomor Alamat, Website, E-mail dan Telepon

Informasi ini memuat alamat yang penting untuk penanganan dan mitigasi lebih lanjut, a.l.:

1. Alamat penting:
 - Kantor-kantor pusat pemerintahan: Kepala Desa, Camat, Bupati, Gubernur
 - Kantor pusat koordinasi penanganan bencana
 - Kantor Badan Penanggulangan Bencana Daerah
 - Kantor pusat komunikasi
 - Kantor pusat kesehatan, klinik, Rumah Sakit
 - Kantor Tentara Nasional Indonesia
 - Kantor Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi
 - Kantor Kepolisian Republik Indonesia (Polsek, dll.)
 - Kantor berita (koran, televisi, radio penyiaran)
2. Web-site:
 - Badan Penanggulangan Bencana
 - Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana
 - Kantor berita (koran, televisi, radio penyiaran)

DAFTAR PUSTAKA

- Dearman, W.R., 1991, *Engineering Geological Mapping*, Butterworth-Heinenmann Ltd., 387 p.
- Hirawan, R.F., 1984, Study of land suitability through identification of engineering characteristics of areas in support of rural and city planning, Indonesia, *Landplan II, Role of geology in Planning and Development of Urban Centers in Southeast Asia* (editors: B.K. Tan & J.L. Rau), AGID, Thailand, p. 25-35
- Oktariadi, O., 2009, Penentuan peringkat bahaya tsunami dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (Studi kasus: Wilayah pesisir Kabupaten Sukabumi), *Jurnal Geologi Indonesia, Volume 4, No. 2 Juni 2009, hal. 103-116*
- Paripurno, E.T., 2000, Penerapan Perangkat PRA dalam Mana-jemen Bencana, *Year Book Mitigasi Bencana 1999, Klp. Mitigasi Bencana, BPPT, hal. 60-72*
- Paripurno, E. T., 2004, *Partisipasi Masyarakat dalam Penanggulangan Bencana Longsor, hal. 191-203*, Buku Permasalahan, Kebijakan dan Penanggulangan Bencana Tanah Longsor di Indonesia, editor: H.S. Naryanto, S. Prawira-disastra, & B. Marwanta, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Pengelolaan Sum-berdaya Lahan dan Kawasan - BPPT & Hans Seidel Foundation, Jakarta, 203 hal.
- Sukiyah, E., Haryanto, A.D., & Zakaria, Z., 2004, Aplikasi Sistem Informasi Geografis dalam Penetapan Kawasan Rawan Banjir di Kabupaten Bandung Bagian Selatan, *Bulletin of Scientific Contribution, Vol. 2, No. 1, Januari 2004, hal. 26- 37*
- Van Zuidam, R.A., 1985, *Aerial Photo Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphological Mapping*, Smith Publisher, The Hague, Netherland.

- Zakaria, Z., 2000, Peran Identifikasi Longsor dalam Studi Pendahuluan Pemodelan Sistem STARLET untuk Mitigasi Bencana Longsor, *Year Book Mitigasi Bencana 1999*, Klp. Mitigasi Bencana, BPPT, hal. 105-123
- Zakaria, Z., 2004, *Stabilisasi dan Rancangbangun Lereng Terpadu, Salah Satu Usulan untuk Penanganan Masalah Longsor*, hal. 77-91, dalam Permasalahan, Kebijakan dan Penanggulangan Bencana Tanah Longsor di Indonesia, editor: H.S. Naryanto, S. Prawiradisastra, & B. Marwanta, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Lahan dan Kawasan - BPPT & Hans Seidel Foundation, Jakarta, 203 hal.
- Zakaria, Z., 2010, Model Starlet, suatu usulan untuk mitigasi bencana longsor dengan pendekatan genetika wilayah, *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 5, No. 2, Juni 2010, hal. 93-112

Tabel 1. Jenis peta geologi teknik (modifikasi dari Dearman, 1991)

No	Tipe Peta	Skala	Keterangan
1	<i>Engineering type</i>	1:5.000	Data keteknikan sangat detail, hampir sama dengan Peta Singkapan Detail berskala besar dalam Peta Geologi. Peta sangat detail berisi informasi keteknikan dan sifat fisik-mekanik batuan/tanah, kondisi pelapukan material, kekerasan, konsistensi dan sebagainya.
2	<i>Lithological type</i>	1:5.000 s.d. 1:10.000	Data dalam peta ini termasuk detail dengan menampilkan kondisi geologi yang menonjol. Memuat hasil-hasil pengujian seperti pengujian insitu, uji geofisik, data pemboran dan sampling lainnya termasuk uji laboratorium mekanika batuan/tanah.
3	<i>Engineering formation</i>	1:10.000 s.d. 1:200.000	Peta ini berisi informasi daerah pemetaan dengan analisis fasies. Satuan geologi teknik pada peta ini dicirikan dengan penyelidikan petrografi, geofisik, pemboran, sampling, sifat fisik/mekanik dan sifat indeks. Dalam peliputan peta, dapat digunakan metoda pemetaan melalui remote sensing (foto udara maupun citra satelit).
4	<i>Engineering groups</i>	lebih kecil dari 1:200.000	Skala peta termasuk kecil atau skala regional, pelaksanaan pemetaan dapat dilakukan melalui analisis citra satelit.

Tabel 2.
Tabel Satuan Morfotektonik (Modifikasi dari Hirnawan, 1984; dan Van Zuidam, 1985)

MORFOMETRI	MATERIAL PENYUSUN	SATUAN MORFOTEKTONIK			
		Intensitas Tektonik sangat Lemah (0)	Intensitas Tektonik Lemah (1)	Intensitas Tektonik Sedang (2)	Intensitas Tektonik Kuat (3)
PEDATARAN	(1)	(0) Aluvium	(1) Sungai	1010	1011
			(2) Pantai	1020	1021
		(1) Batuan Beku	(1) Asam	1110	1111
			(2) Intermediate	1120	1121
	(2)	(0) Aluvium	(3) Basa	1130	1131
			(4) Ultrabasa	1140	1141
		(1) Batuan Sedimen	(1) Klastika halus	1210	1211
			(2) Klastika kasar	1220	1221
	(3)	(0) Aluvium	(3) Karbonat	1230	1231
			(1) Masif	1310	1311
		(1) Batuan Metamorf	(2) Foliasi	1320	1321
			(1) Sungai	2010	2011
PERBUKITAN SANGAT LANDAI	(2)	(0) Aluvium	(2) Pantai	2020	2021
			(1) Asam	2110	2111
		(1) Batuan Beku	(2) Intermediate	2120	2121
			(3) Basa	2130	2131
	(3)	(0) Aluvium	(4) Ultrabasa	2140	2141
			(1) Klastika halus	2210	2211
		(1) Batuan Sedimen	(2) Klastika kasar	2220	2221
			(3) Karbonat	2230	2231
	(4)	(0) Aluvium	(1) Masif	2310	2311
			(2) Foliasi	2320	2321
		(1) Batuan Metamorf	(3) Karbonat	2330	2331
			(4) Ultrabasa	2340	2341

(Lanjutan)

MORFOMETRI	MATERIAL PENYUSUN	SATUAN MORFOTEKTONIK				
		Intensitas Tektonik sangat Lemah (0)	Intensitas Tektonik Lemah (1)	Intensitas Tektonik Sedang (2)	Intensitas Tektonik Kuat (3)	
PERBUKITAN LANDAI (3) Kemiringan lereng 8-13 %	(0) Aluvium	(1) Sungai	3010	3011	3012	3013
		(2) Pantai	3020	3021	3022	3023
	(1) Batuan Beku	(1) Asam	3110	3111	3112	3113
		(2) Intermediate	3120	3121	3122	3123
		(3) Basa	3130	3131	3132	3133
		(4) Ultrabasa	3140	3141	3142	3143
	(2) Batuan Sedimen	(1) Klastika halus	3210	3211	3212	3213
		(2) Klastika kasar	3220	3221	3222	3223
		(3) Karbonat	3230	3231	3232	3233
	(3) Batuan Metamorf	(1) Masif	3310	3311	3312	3313
		(2) Foliasi	3320	3321	3322	3323
	(0) Aluvium	(1) Sungai	4010	4011	4012	4013
		(2) Pantai	4020	4021	4022	4023
	(1) Batuan Beku	(1) Asam	4110	4111	4112	4113
		(2) Intermediate	4120	4121	4122	4123
		(3) Basa	4130	4131	4132	4133
		(4) Ultrabasa	4149	4141	4142	4143
PERBUKITAN CURAM (4) Kemiringan lereng 14 - 20 %	(2) Batuan Sedimen	(1) Klastika halus	4210	4211	4212	4213
		(2) Klastika kasar	4220	4221	4222	4223
	(3) Batuan Metamorf	(3) Karbonat	4230	4231	4232	4233
		(1) Masif	4310	4311	4312	4313
	(2) Foliasi	(2) Foliasi	4320	4321	4322	4323

(Lanjutan)

MORFOMETRI		MATERIAL PENYUSUN	SATUAN MORFOTEKTONIK				
			Intensitas Tektonik sangat Lemah (0)	Intensitas Tektonik Lemah (1)	Intensitas Tektonik Sedang (2)	Intensitas Tektonik Kuat (3)	
PERBUKITAN SANGAT CURAM	(5)	(0) Aluvium	(1) Sungai	5010	5011	5012	5013
			(2) Pantai	5020	5021	5022	5023
		(1) Batuan Beku	(1) Asam	5110	5111	5112	5113
			(2) Intermediate	5120	5121	5122	5123
			(3) Basa	5130	5131	5132	5133
	(4) Ultrabasa		5140	5141	5142	5143	
	(2) Batuan Sedimen	(1) Klastika halus	5210	5211	5212	5213	
		(2) Klastika kasar	5220	5221	5222	5223	
		(3) Karbonat	5230	5231	5232	5233	
	(3) Batuan Metamorf	(1) Masif	5310	5311	5312	5123	
		(2) Foliasi	5320	5321	5322	5323	
PERBUKITAN TERJAL	(6)	(0) Aluvium	(1) Sungai	6010	6011	6012	6013
			(2) Pantai	6020	6021	6022	5023
		(1) Batuan Beku	(1) Asam	6110	6111	6112	6113
			(2) Intermediate	6120	6121	6122	6123
			(3) Basa	6130	6131	6132	6133
	(4) Ultrabasa		6140	6141	6142	6143	
	(2) Batuan Sedimen	(1) Klastika halus	6210	6211	6212	6213	
		(2) Klastika kasar	6220	6221	6222	6223	
		(3) Karbonat	6230	6231	6232	6233	
	(3) Batuan Metamorf	(1) Masif	6310	6311	6312	6313	
		(2) Foliasi	6320	6321	6322	6323	

Tabel 3.

Jenis peta longsoran atau orde longsoran sesuai kondisi dan keperluan berdasarkan peta geologi teknik, modifikasi dari Dearman (1991, dalam Zakaria, 2010)

No	Tipe Peta	Skala	Keterangan
1	Setara dengan <i>Engineering type</i>	1:5.000	Longsoran kecil sampai longsoran terkecil yang biasanya masih aktif dapat dipetakan, biasanya terdapat di sepanjang sungai, tebing maupun lereng sekitar jalan. Jenis dan arah longsoran, retakan dan kemiringan bangunan maupun jalan, dapat dibedakan dan dicantumkan. Pemetaan dilakukan melalui survey lapangan.
2	Setara dengan <i>Lithological type</i>	1:5.000 s.d. 1:10.000	Batas pengujian insitu seperti uji geofisik, pemboran dan sampling lainnya termasuk uji laboratorium secara sistematis dapat dicantumkan. Longsoran kecil sampai sedang dapat dimuat dalam peta ini. Pemetaan melalui survey lapangan.
3	Setara dengan <i>Engineering formation</i>	1:10.000 s.d. 1:200.000	Metoda pemetaan dapat melalui remote sensing (foto udara maupun citra satelit). Longsoran yang dipetakan berdimensi sedang sampai besar (<i>gigantic landslide</i>). Trend arah longsoran dapat ditelusuri terutama longsoran lama (fosil longsoran menurut Zaruba & Menci, 1979). Pemetaan dapat memanfaatkan <i>remote sensing</i> (foto udara maupun citra satelit) untuk bencana longsor yang luas penyebarannya..
4	Setara dengan <i>Engineering groups</i>	lebih kecil dari 1:200.000	Pemetaan dapat melalui citra satelit untuk memetakan wilayah longsor dan luas penyebarannya. Peta memuat indikasi longsoran-longsoran terbesar (<i>gigantic landslide</i>) terutama sekitar gunung api yang dapat jelas terlihat (dibedakan). Pemetaan dapat memanfaatkan <i>remote sensing</i> (foto udara maupun citra satelit) untuk bencana longsor yang luas penyebarannya..