

LANDSLIDE PRONE AREAS IDENTIFICATION IN LAMPUNG PROVINCE

IDENTIFIKASI DAERAH RAWAN BENCANA TANAH LONGSOR DI PROVINSI LAMPUNG

Suryana Prawiradisstra

Peneliti Madya PTLWB-TPSA BPPT, Jl. MH. Thamrin No. 8 Jakarta
E-mail : suryanap2001@yahoo.com

Abstract

The Province of Lampung has a land area of 35.376 km², shows the hilly topography with the process of erosion is quite intensive. This erosion process is influenced by the shape of the topography, type of lithology, structural geology, vegetation and local climate. Drainage pattern showed dendritic and sub-radial, where the pattern is controlled by the lithology and geological structure. The western region of Lampung Province is the area most prone to landslides because most of the area is hilly and covered by young volcanic material and active faults. Landslides occurred in Lampung province almost every year, so it is necessary to identify landslide. The level of vulnerability to landslides is identified using the parameters of slope, rainfall, geology and land use..Identification of prone areas is the first step of preventive efforts in the region. Based on such identification, prone areas to landslides dominate the region of Lampung Province with an area of approximately 83 % from total area.

keywords : erosion, denudation, lithology, prone area, landslide

Abstrak

Luas wilayah Provinsi Lampung sekitar 35.376 km² dengan topografi yang memperlihatkan proses erosi yang cukup intensif. Proses erosi yang demikian dipengaruhi oleh bentuk topografi, jenis litologi, struktur geologi, vegetasi dan kondisi iklim lokal. Pola pengaliran/drainase yang ada di wilayah ini memperlihatkan pola/bentuk dendritik dan sub radial, bentuk ini dipengaruhi oleh litologi dan struktur geologi. Wilayah barat Provinsi Lampung merupakan daerah rawan tanah longsor karena sebagian besar terdiri dari material vulkanik muda dan daerah sesar aktif. Kejadian tanah longsor setiap tahun terjadi di Provinsi Lampung, oleh karena itu perlu ada identifikasi. Tingkat kerawanan tanah longsor ditentukan oleh beberapa parameter, yaitu : kemiringan, intensitas hujan, geologi dan tataguna lahan. Berdasarkan itu, luas wilayah rawan di Provinsi Lampung sekitar 83 % dari luas keseluruhan wilayah.

kata kunci : erosi, denudasi, litologi, daerah rawan, tanah longsor.

1. PENDAHULUAN

Longsor adalah gerakan massa batuan atau tanah pada suatu lereng karena pengaruh gaya gravitasi. Gerakan massa batuan atau tanah terjadi karena adanya gangguan terhadap keseimbangan gaya penahan (*shear strength*) dan gaya peluncur (*shear stress*) yang bekerja pada suatu lereng. Ketidakseimbangan gaya tersebut diakibatkan adanya gaya dari luar lereng yang menyebabkan besarnya gaya peluncur pada suatu lereng menjadi lebih besar daripada gaya penahannya (Karnawati, 2004).

Tanah longsor yang banyak terjadi di Indonesia terjadi pada topografi terjal dengan sudut lereng 15° – 45° dan pada batuan vulkanik lapuk dengan intensitas hujan sangat lebat (> 100 mm/hari). Faktor-faktor lain yang dapat memicu terjadinya tanah longsor adalah : kondisi geologi, kondisi tataguna lahan, aktivitas manusia dan kegempaan.

Daerah rawan longsor umumnya terletak di lereng-lereng perbukitan atau pegunungan. Daerah dengan lereng tertentu telah ditetapkan oleh pemerintah menjadi daerah lindung dan tidak boleh ada budidaya didalamnya. Dengan adanya keterbatasan lahan dan tuntutan ekonomi masyarakat, akhirnya daerah tersebut dijadikan tempat budidaya bahkan menjadi pemukiman. Akibatnya yang terjadi adalah rawannya kawasan tersebut.

Data rekapitulasi kejadian dan korban bencana tanah longsor di Indonesia yang dihimpun Oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), menunjukkan bahwa pada tahun 1990 sampai dengan 2010, jumlah kejadian tanah longsor di Indonesia sebanyak lebih dari 998 kali dengan korban penduduk meninggal lebih dari 1340 orang. Kerugian material lainnya, seperti : rumah hancur/rusak, lahan pertanian rusak dan lain-lain; dari tahun ke tahun terus meningkat.

Wilayah Provinsi Lampung secara regional menunjukkan kenampakan yang berbukit-bukit dengan proses erosi yang berlangsung secara intensif. Hal ini bisa terlihat dari lapisan tanah yang cukup tebal. Proses erosi ini dipengaruhi oleh topografi, litologi, struktur geologi, vegetasi dan iklim yang ada. Pola pengaliran menunjukkan pola sub dendritik dimana pada pola ini dikontrol oleh litologi

yang kurang resisten dengan tidak ada atau sedikit kontrol struktur.

Kejadian tanah longsor di Provinsi Lampung juga meningkat frekwensinya dan menimbulkan korban dan kerugian yang tidak sedikit. Hal itu dapat menghambat pembangunan dan merugikan masyarakat maupun pemerintah. Oleh karena itu identifikasi dan informasi bencana tanah longsor sangat diperlukan di dalam pengelolaan lahan di Provinsi Lampung.

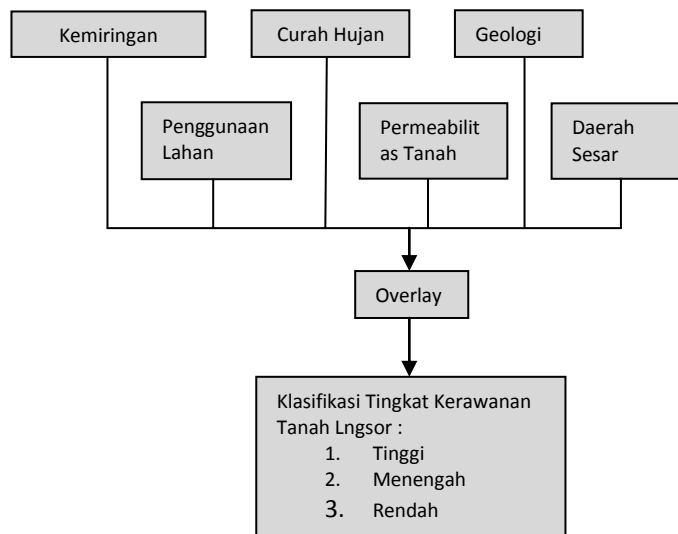
2. BAHAN DAN METODE

Metodologi yang dilakukan untuk mendukung penelitian ini adalah analisis data sekunder , survei lapangan dan melakukan pembobotan data; dengan tahapan sebagai berikut :

- Pengumpulan data sekunder berupa peta-peta : topografi, geologi, curah hujan, tataguna lahan, citra satelit dan peta administrasi.
- Analisis data untuk melakukan kajian ataupun sintesis berbagai aspek yang mendasari penyusunan identifikasi daerah-daerah rawan tanah longsor.
- Pembobotan data dan pengklasifikasian tingkat kerawanan dengan mengikuti alur dan tabel yang tertera pada dan Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1 . Skor parameter peta rawan tanah longsor
(Puslitanak dan BPPT, 2004, Dalam Lap. Akhir PU, 2007)

No	Variabel	Kriteria	Nilai Harkat
1.	Kemiringan Lereng (%)	- > 45	5
		- 30 - 40	4
		- 15 – 30	3
		- 8 – 15	2
		- < 8	1
2.	Geologi	- batuan vulkanik (tuf, pasir)	3
		- batuan sedimen (lempung, napal)	2
		- batuan aluvial	1
3.	Curah hujan (mm/tahun)	- sangat basah (> 3000)	5
		- basah (2501 – 3000)	4
		- sedang/lembab (2001 – 2500)	3
		- kering (1501 – 2500)	2
		- sangat kering (< 1500)	1
4.	Penggunaan Lahan	- tergalan, sawah	5
		- semak belukar	4
		- hutan, perkebunan	3
		- kota, permukiman, bandara dll	2
		- tambak, waduk, perairan	1
5.	Permeabilitas Tanah	- sangat lambat	5
		- lambat	4
		- agak cepat/sedang	3
		- cepat	2
		- sangat cepat	1



Gambar 1 . Proses untuk mendapatkan tingkat kerawanan tanah longsor

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kondisi Fisik

3.1.1. Topografi

Berdasarkan pada peta topografi, wilayah Provinsi Lampung dapat digolongkan menjadi satuan morfologi dataran rendah, dataran tinggi, perbukitan bergelombang dan morfologi pegunungan. Morfologi pegunungan dan dataran tinggi menempati wilayah tengah, morfologi perbukitan bergelombang

menempati wilayah barat dan timur di kaki pegunungan sedangkan dataran rendah menempati wilayah pantai. Pola alirannya adalah dendritik, sub radial dan sedikit rektangular (Gambar 2).

Pola pengaliran menunjukkan pola sub dendrik dimana pada pola ini dikontrol oleh litologi yang kurang resisten dengan tidak ada atau sedikit kontrol struktur yang ada. Sedangkan ditinjau dari proses erosinya menunjukkan proses erosi vertikal masih

lebih tinggi dibandingkan erosi horisontal, belum menunjukkan lembah-lembah sungai yang luas, dataran banjir masih relatif sempit. Dari data yang ditunjukkan di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa stadia daerah Lampung termasuk stadia muda menuju dewasa.



Gambar 2. Peta topografi Provinsi Lampung

3.1 2. Geologi

Kondisi geologi wilayah Provinsi Lampung dikelompokkan menjadi tiga satuan batuan, yaitu : kelompok batuan pratersier, kelompok batuan tersier dan kelompok batuan kuarter. Kelompok batuan pratersier terdiri dari batuan malihan sekis, kuarsit dan genes. Disamping itu mengandung batuan serpih gampingan, batu lempung, batu pasir bersisipan dengan rijang, batu gamping dan basal; juga terdapat batuan terobosan berupa granit, granodiorit dan diorit kuarsa. Batuan tersier terdiri dari tufa, batu pasir tufaan, breksi tufaan serta lava andesit-basalt. Batuan kuarter terdiri dari kerikil, pasir lanau dan endapan vulkanik klastika tufaan.

Kondisi geologi di wilayah tengah, yang dilintasi oleh zona Sesar Sumatera, ditempati oleh satuan batuan berumur tersier terdiri dari batuan vulkanik yang umumnya sudah terkonsolidasi dengan baik. Satuan batuan ini telah mengalami perlipatan yang sangat kuat di beberapa tempat mencerminkan pola kekar yang rapat dan intensif.

Satuan batuan kuarter terdiri dari lava andesit, breksi lahar, tufa sisipan lempung, endapan vulkanik muda yang belum terkonsolidasi dengan baik. Kelompok batuan lain yang berumur holosen terdiri dari endapan sungai, rawa dan pantai.

Tektonik di wilayah ini berada pada zona sesar, yaitu dengan adanya kenampakan berupa depresi yang diakibatkan karena adanya pergeseran sesar. Di beberapa tempat ditemukan pola struktur yang berarah hampir utara-selatan.

Struktur regional yang terdapat di daerah ini adalah perlipatan, sesar, kekar dan kelurusan yang mempunyai arah barat-laut-tenggara. Sesar Sumatera merupakan sesar besar yang memotong daerah tengah, yang masih aktif. Struktur kekar yang berkembang di daerah ini adalah kekar gerus (*shear fracture*), kekar tarik (*gash fracture*) dan kekar kolom (*setting joint*).

Tanah hasil pelapukan batuan merupakan salah satu parameter yang menentukan terjadinya longsor. Jenis tanah bersifat lempung, lanau, pasir merupakan jenis tanah yang mudah meloloskan air. Sifat tersebut menjadikan tanah bertambah berat bobotnya jika tertimpa hujan. Apabila tanah tersebut berada di atas batuan kedap air pada kemiringan tertentu maka tanah tersebut akan berpotensi menggelincir menjadi longsor.

3.1.3. Curah hujan

Berdasarkan data yang tersedia di buku Lampung Dalam Angka, musim penghujan di Provinsi

Lampung adalah bulan November sampai dengan Maret. Beberapa data dari stasiun pengamatan hujan menunjukkan bahwa curah hujan tertinggi terjadi di wilayah Liwa sampai dengan Gedongsurian yang mempunyai morfologi perbukitan dan pegunungan.

3.1.4. Penggunaan lahan

Penggunaan lahan di Provinsi Lampung didominasi oleh lahan untuk pertanian yang berada di bagian tengah dan utara. Pemukiman banyak dijumpai di sekitar jalan dengan aksesibilitas yang mudah. Rawa-rawa banyak terdapat di hilir sungai di bagian pantai timur. Sedangkan hutan dan belukar masih banyak terdapat dibagian barat. Penggunaan lahan untuk area budidaya (sawah, tegalan maupun permukiman) mengelompok di bagian tengah Provinsi Lampung, sementara untuk perkebunan maupun hutan dan rawa ada di bagian pantai barat dan pantai timur.

3.2. Identifikasi Wilayah Rawan Tanah Longsor Provinsi Lampung

Berdasarkan hasil analisis data sekunder, survei lapangan, serta pembobotan data dan pengklasifikasian tingkat kerawanan, diperoleh peta daerah rawan tanah longsor Provinsi Lampung seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta daerah rawan tanah longsor Provinsi Lampung (hasil pengolahan)

Berdasarkan peta tersebut di atas dapat dideskripsikan bahwa daerah rawan tanah longsor rendah merupakan daerah yang secara umum mempunyai potensi rendah untuk terjadi tanah longsor, mendominasi wilayah Provinsi Lampung dengan luas mencapai 18.683 km² atau 52,81 %.

Daerah dengan klasifikasi rawan tanah longsor menengah secara umum mempunyai potensi menengah untuk terjadinya tanah longsor besar maupun kecil dan tersebar seluas 10.111 km² atau 28,58 %. Daerah ini terutama berbatasan dengan lembah sungai, gawir tebing, pemotongan jalan dan pada lereng yang mengalami gangguan terutama oleh resapan air pada rekahan dan aktivitas manusia. Daerah rawan tanah longsor tinggi secara umum mempunyai potensi tinggi untuk terjadinya tanah longsor (sering dan cenderung terjadi tanah longsor) dan tersebar seluas 621 km² atau 1,70 % dari luas wilayah Provinsi Lampung.

Tabel 2. Luas dan prosentase daerah rawan longsor di Prov. Lampung

No	Kerawanan	Luas (km ²)	Prosentase
1	Tinggi	621	1,70
2	Menengah	10111	28,59
3	Rendah	18.683	52,81

3.2.1. Daerah rawan tanah longsor rendah

Wilayah ini tersebar pada 10 kabupaten/kota di Provinsi Lampung dengan luas mencapai 18.683 km². Dari luas wilayah tersebut Kabupaten Tulang Bawang memiliki wilayah terluas 4.158,55 km², Kabupaten Lampung Tengah 2.774,39 km² dan Kabupaten Way Kanan 2.740,64 km².

Luas wilayah terkecil pada kriteria rawan longsor ini adalah Kota Metro yaitu 14,76 km². Kemungkinan longsor di wilayah ini ada, meskipun biasanya dalam dimensi kecil dengan lereng yang relatif stabil, kecuali adanya kegiatan manusia seperti pemotongan dan pembebanan lereng.

Tabel 3. Luas daerah rawan longsor rendah di Prov. Lampung

No	Kabupaten	Luas(km ²)	% dari Luas Provinsi
1	Lampung Barat	2167,96	6,13
2	Way Kanan	2740,64	7,75
3	Tanggamus	1535,56	4,34
4	Lampung Utara	1718,22	4,86

5	Lampung Tengah	2774,39	7,84
6	Lampung Selatan	2086,91	5,90
7	Tulangbawang	4158,55	11,76
8	Bandar Lampung	102,24	0,29
9	Kota Metro	14,76	0,04
10	Lampung Timur	1383,65	3,91

3.2.2. Daerah rawan longsor menengah

Wilayah ini tersebar pada 10 kabupaten/kota di Provinsi Lampung dengan luas mencapai 10.111 km². Dari luas wilayah tersebut Kabupaten Lampung Barat memiliki wilayah terluas 2.349,43 km², Kabupaten Tanggamus 1.809,77 km² dan Kabupaten Lampung Selatan 1.571,40 km².

Daerah dengan klasifikasi longsor pada 3 kabupaten tersebut dimungkinkan terjadi pada kemiringan lereng 15% - 30 % dan curah hujan tinggi yang terjadi di daerah dataran tinggi/pegunungan yang mendominasi 3 kabupaten tersebut.

Tabel 4. Luas daerah rawan longsor menengah di Prov. Lampung

No	Kabupaten	Luas(km ²)	% dari Luas Provinsi
1	Lampung Barat	2349,43	6,64
2	Way Kanan	1063,76	3,00
3	Tanggamus	1809,77	5,12
4	Lampung Utara	494,54	1,40
5	Lampung Tengah	1088,78	3,08
6	Lampung Selatan	1571,40	4,44
7	Tulangbawang	572,88	1,62
8	Bandar Lampung	145,31	0,41
9	Kota Metro	37,74	0,12
10	Lampung Timur	977,23	2,76

3.2.3. Daerah rawan longsor tinggi

Wilayah ini tersebar pada 9 kabupaten/kota di Provinsi Lampung dengan luas mencapai 621 km². Dari luas wilayah tersebut Kabupaten Lampung Barat memiliki wilayah terluas 192,05 km², Kabupaten Tanggamus 168,07 km² dan Kabupaten Lampung Selatan 128,44 km².

Potensi longsor di wilayah ini disebabkan oleh curah hujan yang tinggi dan kemiringan lereng yang curam sampai terjal serta kondisi geologi. Kabupaten Lampung Barat dan Tanggamus yang sebagian besar wilayahnya merupakan bukit dan perbukitan dengan kemiringan lereng > 45 % serta

terdapat zona sesar aktif Sumatera dan curah hujan yang tinggi, akan semakin meningkat kejadian longornya bila intervensi manusia pada lereng juga semakin meningkat.

Tabel 5. Luas daerah rawan longsor tinggi di Prov. Lampung

No	Kabupaten	Luas (km ²)	% dari Luas Provinsi
1	Lampung Barat	192,05	0,50
2	Way Kanan	40,01	0,11
3	Tanggamus	168,07	0,47
4	Lampung Utara	30,53	0,08
5	Lampung Tengah	11,33	0,03
6	Lampung Selatan	128,44	0,36
7	Tulangbawang	8,76	0,02
8	Bandar Lampung	26,38	0,07
9	Lampung Timur	15,64	0,06

3.3. Pembahasan Daerah Rawan Longsor Provinsi Lampung

Wilayah Provinsi Lampung bagian barat merupakan daerah yang paling rawan terhadap tanah longsor karena sebagian besar merupakan perbukitan dan diselubungi oleh material vulkanik muda berumur kuartar yang mudah longsor serta berada pada patahan aktif Sumatra.

Daerah yang paling menarik untuk diamati adalah lintasan antara Liwa dan Krui. Deskripsi karakteristik bidang diskontinuitas di lintasan ini dengan memperlihatkan pola orientasi kekar, kekasaran, material pengisi dan kondisi keairan. Orientasi kekar di lintasan ini mempunyai arah yang tidak teratur dan bervariasi. Pada perulangan batu pasir-batu lempung, spasi diskontinuitas menunjukkan paralel dan tegak yang berjarak mulai 20 mm hingga ± 50 cm. Bukaannya dari spasi mulai rapat hingga sangat lebar, kekasaran datar hingga bergelombang.

Material pengisi berupa pecahan dan pelapukan batuan induknya. Kondisi keairan di beberapa tempat lembab dan basah. Longsor batuan/tanah di daerah ini cukup potensial mengingat adanya struktur geologi berupa kekar, retakan, perlipatan dan patahan yang intensif.

Dari pengamatan di lapangan, jenis longsor yang dapat terjadi di wilayah Provinsi Lampung adalah : *rockfall*, *rockslide*, *debrisfall* dan *debrisslide*. Beberapa analisa pengamatan penyebab tanah longsor di wilayah ini adalah sebagai berikut :

- Struktur geologi seperti sesar, lipatan dan kekar merupakan salah satu faktor pendukung penyebab terjadinya longsor. Pola struktur geologi akan menimbulkan pemotongan pada tubuh batuan dan umumnya membentuk gawir, juga perlapisan batuan menjadi terlipat-lipat dan hancur. Bidang pemotongan ini merupakan bidang lemah yang biasanya membentuk gawir-gawir yang curam/hampir tegak, dimana proses longsor dapat berkembang. Daerah yang mempunyai kemiringan lapisan batuan searah dengan kemiringan lereng dan mempunyai sifat fisik batuan berbeda, akan membentuk bidang gelincir sehingga kecenderungan untuk longsor akan lebih besar.
- Struktur kekar yang berkembang pada satuan batuan yang berlereng curam/hampir tegak menyebabkan batuan menjadi lemah dan kemudian menjadi faktor penyebab terjadinya longsor. Jenis longsor sering terjadi pada batuan yang berkekar umumnya berupa longsor bahan rombakan dan runtuh tanah/batuan (*debrisflow dan debrisslide*). Longsor dengan tipe ini umumnya terjadi pada daerah yang berkemiringan lereng terjal hingga hampir tegak, seperti pada batu pasir dan batuan terobosan.
- Curah hujan merupakan faktor penting lainnya yang dapat memicu terjadinya longsor. Air permukaan yang berasal dari curah hujan, sebagian akan meresap ke dalam tanah atau batuan melalui pori-pori tanah, rekahan-rekahan yang terdapat pada batuan dan sebagian lagi akan mengalir di atas permukaan tanah. Hal ini akan menyebabkan perubahan terhadap sifat fisik tanah, sehingga kekuatan geser tanah berkurang, sedangkan bobot massa tanahnya bertambah. Akibat lain dari aliran permukaan, yaitu dapat menimbulkan erosi terutama pada daerah-daerah terjal dan tebing aliran sungai, sehingga lereng bagian bawah menjadi lebih terjal dan dapat mempercepat terjadinya longsor pada lereng bagian atasnya.
- Pengolahan lahan baik untuk pesawahan maupun tegalan dapat mengakibatkan tanah menjadi gembur. Tanah yang kehilangan vegetasi penutup akan menjadi retak-retak pada musim kemarau dan pada musim hujan air akan mudah meresap, sehingga tanah menjadi jenuh air. Hal demikian dalam waktu dekat atau lambat akan mengakibatkan terjadinya longsor, terutama pada daerah berlereng terjal.
- Pengaruh aktivitas manusia seringkali menjadi penyebab terjadinya longsor. Beberapa aktivitas

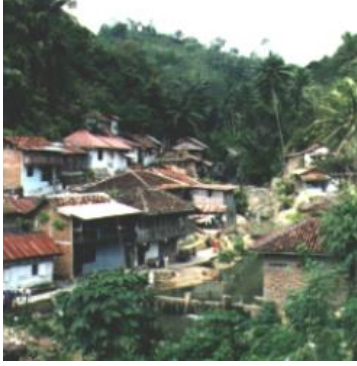
manusia yang memungkinkan dapat menjadi penyebab terjadinya longsor yaitu pemotongan lereng, penambangan, penggundulan hutan dan pengolahan lahan yang tidak sesuai dengan kondisi alam setempat.



Gambar 4 . Kondisi batuan yang terpotong-potong oleh struktur sesar di Kota Bandar Lampung



Gambar 5. Kondisi morfologi dan lahan yang banyak dijumpai di lintasan antara Liwa dan Krui



Gambar 6. Risiko tanah longsor di Kota Bandarlampung.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil identifikasi daerah rawan tanah longsor di Provinsi Lampung, dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu :

Provinsi Lampung merupakan wilayah yang memiliki karakteristik rawan bencana tanah longsor. Pada penelitian ini tingkat kerawanan tanah longsor yang dipergunakan adalah rawan tinggi, rawan menengah dan rawan rendah.

Identifikasi daerah rawan tanah longsor di Provinsi Lampung, adalah : daerah rawan longsor tinggi 621 km² (1,70 %), daerah rawan longsor menengah 10.111 km² (28,59 %), dan daerah rawan longsor rendah 18.683 km² (52,81 %).

Cara paling efektif untuk meminimalkan dampak tanah longsor adalah dengan mengatur lokasi pembangunan di tanah yang stabil dan memanfaatkan daerah-daerah rawan longsor sebagai lahan-lahan kosong terbuka, atau sebagai tempat kegiatan dengan intensitas rendah (taman, padang penggembalaan, dan lain-lain). Kendali penggunaan tanah hendaknya dilakukan untuk mencegah pemakaian daerah-daerah rawan sebagai lokasi pemukiman ataupun tempat prasarana penting. Jika kebutuhan akan tanah atau lahan sangat mendesak barangkali bisa dibenarkan dilakukannya usaha rekayasa penstabilan tanah meski biayanya sangat besar.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung, 2010. Lampung Dalam Angka Tahun 2010/2011.

Dit.Jen.Sumberdaya Air,PU, 2007, Identifikasi daerah Rawan Longsor Sulawesi Tengah, Laporan Akhir, Tidak Diterbitkan.

Julzarika,A, dkk, 2010, Kajian Potensi Longsor Dengan Dinsar Menggunakan DEM turunan DSM SRTM 90 Versi 4.1 Dan DEM Alos Palsar Kabupaten Tanah Datar, Jurnal Sain Dan Teknologi Mitigasi Bencana, Vol.5 No. 1.

Karnawati, D, 2004, Bencana Gerakan Massa Tanah/Batuan Di Indonesia, Evaluasi Dan Rekomendasi, Dalam Buku Permasalahan, Kebijakan Dan Penanggulangan Bencana Tanah Longsor Di Indonesia , BPPT-HSF, Jakarta.

Mulyadi, E, dkk, Mengenal Konsep Penanganan Bencana, Bahaya Geologi Dan Mitigasi Bencana Geologi Di Indonesia, Warta Geologi Vol. 1 No. 4, 2006

Prawiradisastra,S, 2008, Analisis Morfologi Dan Geologi Bencana Tanah Longsor Di Desa Ledoksari Kabupaten Karanganyar, Jurnal Sain Dan Teknologi Indonesia BPPT, Vol.10 No. 2.

Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2010, Gerakan Tanah di Indonesia. Direktorat Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral, Departemen Pertambangan dan Energi, Bandung.