

HALAMAN PENGESAHAN PUBLIKASI

- 1 a. Judul : Kerawanan Longsor Pada Lereng Tanah Lunak dan Penanganannya
b. Bidang Ilmu : Teknik Sipil
- 2 Identitas Pelaksana
 - a. Nama Tim : Lusmeilia Afriani
 - b. Nama Pengusul : Dr.Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.
 - c. NIP : 196207171987031002
 - d. Pangkat/Golongan : Pembina Tk I/IVB
 - e. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
 - f. Fakultas/Program Study : Teknik Sipil
 - g. Bidang Keahlian : Geoteknik
 - h. No HP/Email : 08127203960/lusmeilia.afriani@yahoo.com
- 3 Publikasi
 - a. Nama Publikasi : Buku Referensi
 - b. ISBN : ISBN: 9786236948200
- 4 Penerbit : Lakeisha

Bandar Lampung, 5 Februari 2021

Penulis



Dr.Ir.Lusmeilia Afriani, D.E.A
NIP.196505101993032008

Mengetahui:
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Lampung



Prof. Dr. Drs. Suharno, M.Sc
NIP. 196207171987031002

Menyetujui

Ketua LP2M
Universitas Lampung



Dr.Ir.Lusmeilia Afriani, D.E.A
NIP.196505101993032008

DOKUMENTASI LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT UNIVERSITAS LAMPUNG	
TGL	26 - 8 - 2021
NO. INVEN	109 / B / B / M / FT / 2021
JENIS	Referensi
PARAF	St



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS LAMPUNG

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Gedung Rektorat Lantai 5, Jalan Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandarlampung 35145
Telepon (0721) 705173, Fax. (0721) 773798, e-mail : lppm@kpa.unila.ac.id
www.lppm.unila.ac.id

SURAT KETERANGAN JENIS BUKU

Nomor : 40 /UN26.21/PN/2022
Lampiran : 1 (Satu) Buku

Berdasarkan hasil review atas karya:

Nama : Dr. Ir. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.

Unit Kerja : Fakultas Teknik

Dengan ini kami sampaikan hasil review dalam tabel berikut:

No	Judul	Keterangan				
		Referensi	Monograf	Buku Penelitian lain: termasuk Book Chapter	Buku Ajar	Buku Lain
1	Kerawanan Longsor Pada Lereng Tanah Lunak dan Penanganannya		✓ L	a. Buku Hasil Penelitian b. BookChapter		

Demikian kami sampaikan, untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui
Ketua LPPM,

Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.
NIP. 196505101993032008

Bandar Lampung, 31 Januari 2022
Reviewer,

Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc.
NIP. 196012011984031003

KERAWANAN LONGSOR PADA LERENG TANAH LUNAK *dan Penanganannya*

Gangguan pada keseimbangan lereng tanah diakibatkan oleh kegiatan manusia dan juga oleh lereng itu sendiri. Kegiatan manusia yang menyebabkan lereng tanah berakibat longsor di antaranya adalah penebangan hutan secara liar, pembukaan lahan baru di bukit-bukit, pengembangan perumahan di daerah perbukitan dan sebagainya. Sedangkan untuk kegiatan dari alam yang erat kaitannya dengan kondisi geologi antara lain jenis tanah, pengaruh gempa, curah hujan dan lain sebagainya. Selain itu, masalah kegagalan lereng sering terjadi, hal ini disebabkan karena keadaan gegografi dan potografi di suatu wilayah. Curah hujan merupakan salah satu faktor utama dalam kegagalan lereng tanah. Hal ini dikarenakan adanya aliran air yang memungkinkan masuk ke dalam tanah (infiltrasi) melalui pori-pori tanah, semakin tinggi aliran air maka kekuatan lereng akan makin berkurang dan mengakibatkan longsor tanah terjadi. Kestabilan suatu lereng sangat penting untuk dilakukan analisis dengan memperhatikan beberapa aspek kondisi tanah seperti pada kondisi *unsaturated*. Karena pada umumnya, analisis yang dilakukan hanya memperhitungkan bahwa tegangan air pori di atas muka air tanah adalah nol. Pada kenyataannya, tanah yang berada di atas Muka air tanah (MAT) atau yang berada pada *vadose zone* adalah tanah *unsaturated* yang memiliki nilai angka pori *negative*. Hal ini sering menjadi penyebab longsor yang tidak diprediksi, terutama saat terjadi hujan lebat beberapa hari berturut-turut.



08989880852

penerbit_lakeisha@yahoo.com

Jl. Jatinom Boyolali, Srikaton, Rt.003, Rw.001,
Pucangmiliran, Tulung, Klaten, Jateng



Lereng Tanah Lunak dan Penanganannya

Kerawanan Longsor pada

Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.

KERAWANAN LONGSOR PADA LERENG TANAH LUNAK *dan Penanganannya*

Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.



Kerawanan Longsor pada Lereng Tanah Lunak & Penanganannya



Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta

Pasal 1:

1. Hak Cipta adalah hak eksklusif pencipta yang timbul secara otomatis berdasarkan prinsip deklaratif setelah suatu ciptaan diwujudkan dalam bentuk nyata tanpa mengurangi pembatasan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang undangan.

Pasal 9:

2. Pencipta atau Pengarang Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam pasal 8 memiliki hak ekonomi untuk melakukan a.Penerbitan Ciptaan; b.Penggandaan Ciptaan dalam segala bentuknya; c.Penerjemahan Ciptaan; d.Pengadaptasian, pengaransemen, atau pentransformasian Ciptaan; e.Pendistribusian Ciptaan atau salinan; f.Pertunjukan Ciptaan; g.Pengumuman Ciptaan; h.Komunikasi Ciptaan; dan i. Penyewaan Ciptaan.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.

Kerawanan Longsor pada Lereng Tanah Lunak & Penanganannya



Penerbit Lakeisha

2020



Kerawanan Longsor pada Lereng Tanah Lunak dan Penanganannya

Penulis:

Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.

Editor :

Andriyanto, M.Pd.

Khabibur Rahman, S.Pd., M.Si.

Layout : Yusuf Deni Kristanto, S.Pd.

Design Cover : Tim Lakeisha

Cetak I Desember 2020

15,5 cm × 23 cm, 112 Halaman

ISBN: 978-623-6948-20-0

Diterbitkan oleh Penerbit Lakeisha

(Anggota IKAPI No.181/JTE/2019)

Redaksi

Jl. Jatinom Boyolali, Srikaton, Rt.003, Rw.001, Pucangmiliran, Tulung,
Klaten, Jawa Tengah

Hp. 08989880852, Email: penerbit_lakeisha@yahoo.com

Website : www.penerbitlakeisha.com

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan
dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit

PRAKATA

Alhamdulillah rabbil 'aalamin.

Segala puja dan puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Yang Maha Penyayang yang jika tanpa karunia-Nya, naskah buku ini tidak dapat terselesaikan tepat waktunya, mengingat berbagai hal yang sedang terjadi pada saat ini. Penulis benar-benar merasa berkewajiban untuk dapat mewujudkan naskah buku secepatnya demi kemanfaatan bersama.

Dalam penyusunan buku ini, disadari banyak kekurangan, namun diyakinkan sepenuhnya bahwa dengan segala keterbatasan yang ada, buku ini tetap bisa bermanfaat bagi para pembacanya.

Akhir kata, untuk memperbaiki dan menyempurnakan isi dari buku ini, kritik dan saran berguna untuk disempurnakannya lagi buku referensi yang berjudul Kerawan Longsor pada Lereng Tanah Lunak dan Penanganannya.

DAFTAR ISI



PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan Tanah Lunak	6
1.3. Tujuan dan Kegunaan.....	14
1.4. Gambaran Umum Isi Buku	15
1.5. Metode dan Alur Penelitian.	15
BAB II PENGARUH TANAH LUNAK TERHADAP	
FAKTOR AMAN LERENG.....	20
2.1 Pengaruh Air terhadap Kelongsoran	20
2.2. Aliran Air Tanah Jenuh Sebagian (<i>Unsaturated Soil</i>).....	23
2.3. Infiltrasi Hujan	24
2.4. Sistem Pendeteksi Kelongsoran	25

2.5. Penyebab dan Permasalahan Kelongsoran	33
BAB III IDENTIFIKASI BAHAYA LONGSOR	37
3.1. Identifikasi Daerah Longsor	37
3.2. Faktor Penyebab dan Faktor Pemicu Tanah Longsor.....	45
3.3 Penutupan Vegetasi	50
3.4 Faktor yang Mempengaruhi Ketidakstabilan Lereng	56
3.5 Kesimpulan	61
BAB IV INVESTIGASI POLA LONGSORAN BADAN JALAN REL DENGAN LERENG YANG CURAM.....	62
4.1. Amblesan Akibat Aliran Air Bawah Tanah.....	62
4.2. Kemiringan Tanah.....	65
BAB V MENJAGA INFRASTRUKTUR DAN METODE PENANGANAN KELONGSORANNYA	70
5.1. Sistem Metode Pendeteksi Kelongsoran	70
5.2. Analisa Kelongsoran Angka Keamanan (<i>Safety Factor</i>)....	72
5.3. Penanggulangan Darurat.....	76
5.4. Type Penanggulangan.....	77
5.5. Upaya Pengelolaan Lingkungan	86
5.6. Sifat Penanganan	94
5.7. Metode Penanganan Longsor.....	95
KESIMPULAN	100
DAFTAR PUSTAKA	102
TENTANG PENULIS.....	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Proses Infiltrasi	3
Gambar 1.2 Tekstur Tanah Lunak	7
Gambar 1.3 Kelongsoran pada tebing dan proses pengerjaan pada tekstur Tanah Lunak	8
Gambar 1.4 Erosi pada erosi permukaan tanah Gunung Mampok, Kecamatan Letung, Kepulauan Riau 2018	9
Gambar 1.5 Situasi pergerakan tanah di samping rel kereta api....	16
Gambar 1.6: Lokasi pembagian survei.....	18
Gambar 2.1. Lapisan Tanah.....	21
Gambar 2.2. Kelongsoran lereng	35
Gambar 3.1 Kelongsoran pada suatu lereng, koleksi pribadi.	40
Gambar 4.1: Deskripsi tanah dan nilai NSPT dari titik bor 1, 2 dan 3.....	66
Gambar 4.2: Ilustrasi penampang melintang dari lokasi studi.	68
Gambar 5.1: Rekonstruksi 3D Arah Aliran Air.....	71
Gambar 5.2 Perkuatan dengan tumbuhan, koleksi pribadi.....	87

Gambar 5.3 Penanganan longsor dengan pemotongan lereng dan pemadatan..... 97

Gambar 5.4 Penanganan kaki tebing dengan bronjong, koleksi pribadi..... 99

DAFTAR TABEL



Tabel 1.1 Parameter Data Tanah	11
Tabel 2.1 Klasikasi Kecepatan Longsoran.....	35
Tabel 4.1. Nilai C_v , koefisien konsolidasi dan C_c adalah indeks pemampatan atau <i>compression index</i> dari ketiga sample hasil dari bor mesin	69
Tabel 5.1. Faktor Keamanan Minimum Stabilitas Lereng.....	74

Bab I

Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Kegagalan/kelongsoran pada lereng merupakan fenomena alam yang didefinisikan sebagai pergerakan tanah yang terjadi, dikarenakan adanya faktor maupun gangguan yang mempengaruhi dan menyebabkan terjadinya pengurangan kuat geser serta peningkatan tegangan geser pada tanah atau keduanya secara simultan.

Gangguan pada keseimbangan lereng tersebut diakibatkan oleh kegiatan manusia dan oleh lereng itu sendiri. Kegiatan manusia terutama yang berkaitan dengan tata guna lahan (pemanfaatan lahan), seperti penebangan hutan secara liar, pembukaan lahan-lahan baru di lereng bukit, perkembangan perumahan di daerah perbukitan, dan sebagainya. Sedangkan untuk kegiatan dari alam, erat kaitannya dengan kondisi geologi antara lain adalah jenis tanah, pengaruh gempa, curah hujan, dan lain sebagainya.

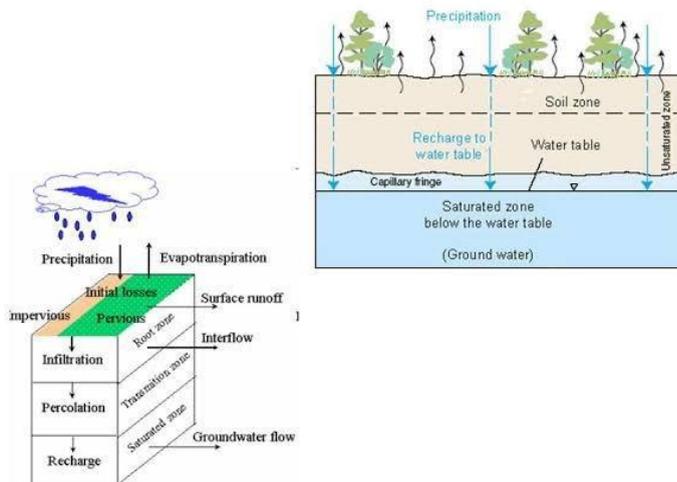
Selain itu, masalah kegagalan lereng sering terjadi, hal ini disebabkan karena keadaan geografi dan topografi di suatu wilayah. Salah satu faktor utama dalam kegagalan lereng ini adalah

karena curah hujan yang tinggi. Karena curah hujan, adanya aliran air dan memungkinkan air yang masuk ke dalam tanah (infiltrasi) melalui pori-pori tanah, semakin tinggi aliran air sehingga kekuatan lereng berkurang dan mengakibatkan longsoran tanah terjadi. Kestabilan suatu lereng sangat penting untuk dilakukan analisis dengan memperhatikan beberapa aspek kondisi tanah seperti pada kondisi *unsaturated*. Karena pada umumnya, analisis yang dilakukan hanya memperhitungkan bahwa tegangan air pori di atas muka air tanah adalah nol. Pada kenyataannya, tanah yang berada di atas muka air tanah (MAT) atau yang berada pada *vadose zone* adalah tanah *unsaturated* yang memiliki nilai angka pori negatif. Hal ini sering menjadi penyebab longsor yang tidak diprediksi, terutama saat terjadi hujan lebat beberapa hari berturut-turut (Aller, L., Bennet, T., Lehr, J. H., Petty, R. J., & Hackett 1987). Misalnya, kandungan *high silt* dan *clay* yang tinggi pada zona vadose akan dapat mencegah rembesan air ke permukaan tanah, sehingga cairan ataupun zat lainnya yang ada di permukaan tidak mudah terkontaminasi dengan lapisan air tanah. Hal ini penting untuk untuk perencanaan dan pengelolaan limbah padat, seperti penentuan lokasi TPA (Li and Zhao 2011).

Kejadian kondisi jenuhnya air di dalam tanah pada saat hujan turun menyebabkan tanah harus memikul beban berat. Seperti yang terjadi di daerah Puncak Bogor, daerah Liwa, Lampung Barat dan daerah lainnya di Indonesia. Kondisi tanah akan menjadi bahaya bagi penduduk di sekitarnya, terutama di daerah tebing. Sehingga akan menyebabkan terjadinya kelongsoran. Untuk mengevaluasi stabilitas lereng para ilmuwan membutuhkan data kondisi tanah lapangan, data curah hujan, dan data gempa. Sebab, kelongsoran lereng selain dari kondisi jenuh air, bisa juga disebabkan oleh adanya gempa bumi yang sering terjadi pada lokasi suatu lereng. Di dalam buku ini lebih difokuskan pada kondisi air jenuh.

Hal penting untuk dipelajari dan dianalisa suatu kondisi tanah, sebab tanah akan berbeda sifatnya di setiap lokasi tempat pengambilan sampel. Sifat yang sering muncul adalah sifat fisik tanah berupa kadar air, berat volume, konsistensi tanah sampai dipengaruhi oleh kepadatan dan daya dukung tanah, (Gribble 1979).

Kejenuhan suatu tanah tidak hanya pada tanah lempung saja, tetapi lebih pada aliran airnya, seperti pada lokasi rawa atau *marsh*. Sebab, rawa selalu tergenang air sehingga tidak memungkinkan lagi tanah meresap air. Jika rawa terdapat di kaki lereng, sedangkan adanya aliran air dari tempat yang lebih tinggi, maka air tersebut tidak mungkin sampai ke permukaan tanah sebagai infiltrasi, sebab rawa sudah jenuh dengan air, seperti yang diilustrasikan pada gambar berikut.



Gambar 1.1 Proses Infiltrasi (Kirana, Aby 2015
<https://slideplayer.info/slide/2925322/>)

Sifat tanah berupa material yang penting untuk dipelajari dalam mendukung suatu pekerjaan konstruksi, tidak hanya pada kondisi lereng, tetapi sebagai fondasi dari suatu jenis bangunan. Namun, tidak semua tanah dapat mendukung suatu pekerjaan konstruksi, hanya tanah dengan karakteristik baik yang dapat mendukung suatu pekerjaan konstruksi. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa terhadap daya dukung tanah sebagai pendukung suatu pekerjaan konstruksi. Tantangan bagi seorang insinyur adalah bagaimana kondisi tanah yang tidak stabil menjadi stabil yang nantinya mampu mendukung beban di atasnya baik dalam kondisi datar maupun miring. Kondisi miring ini yang sering disebut dengan lereng.

Beberapa ahli geologi menyatakan bahwa longsor dapat terjadi pada lokasi dengan keadaan bentuk dari geologi, morfologi, hidrologi, dan iklim yang kurang menguntungkan. Seperti halnya kondisi terjadi saat ini dengan curah hujan yang tinggi di akhir tahun 2020 dan diperkirakan oleh BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) akan terjadi sampai awal tahun 2021. Hujan lebat yang diakibatkan dari fenomena El Nina, dianggap selalu berkaitan dengan dampak bencana hidrometeorologi dan sangat berpengaruh bagi Indonesia. BMKG meminta agar masyarakat bersiap terhadap gangguan anomali fenomena La Nina. Berdasarkan hasil analisis BMKG, kuartal akhir tahun 2020 hingga awal tahun 2021, kondisi iklim global dihadapkan pada gangguan anomali cuaca berupa fenomena La Nina dengan level intensitas mencapai *moderate* di Samudra Pasifik ekuator. Dampak ini akan menyebabkan kondisi jenuh pada tanah. Terutama lokasi dalam keadaan miring sehingga potensi akan longsor meningkat.

Longsor dapat juga terjadi secara alami, bukan karena hujan atau faktor eksternal, seperti halnya karena menurunnya kemantapan suatu lereng, akibat degradasi tanah/batuan bersamaan waktu dan usia lapisan tanah/batuan penyusun lereng. Oleh karena

itu, penanganan longsor yang berdasarkan pengalaman sebelumnya atau secara *try and error* pada umumnya kurang berhasil karena lapisan tanah/batuan penyusun lereng, bukan material yang mempunyai sifat karakteristik properties tetap tetapi sangat mudah berubah.

Jika lereng tersebut di sekitar jalur jalan ataupun jembatan yang merupakan prasarana umum dan merupakan sangat vital sehingga bilamana lereng terletak pada lapisan tanah/batuan yang mudah berubah karakteristik propertiesnya akan rentan terhadap longsor, sehingga diperlukan penanganan dengan tepat, cepat, dan ekonomis. Penanganan prasarana jalan dan jembatan yang mengalami kerusakan akibat bahaya longsor perlu ditangani terutama untuk menanggulangi kerugian gangguan ekonomi masyarakat. Longsor yang berdampak pada terganggunya jaringan infrastruktur jalan, maka akan mengganggu kelancaran distribusi barang dan jasa yang juga akan berdampak menghambat pertumbuhan ekonomi suatu wilayah karena terisolasi.

Tanah juga merupakan material yang sangat penting dalam mendukung suatu pekerjaan konstruksi, yaitu sebagai pondasi dari suatu jenis bangunan. Namun, tidak semua tanah dapat mendukung suatu pekerjaan konstruksi, hanya tanah dengan karakteristik baik yang dapat mendukung suatu pekerjaan konstruksi. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa terhadap daya dukung tanah sebagai pendukung suatu pekerjaan konstruksi. Adapun stabilitas lereng, sangat penting untuk dilakukan analisis yang memperhitungkan kondisi *unsaturated*. Karena pada umumnya, analisis yang dilakukan hanya memperhitungkan bahwa tegangan air pori di atas muka air tanah adalah nol. Pada kenyataannya, tanah yang berada di atas muka air tanah (MAT) atau yang berada pada *vadose zone* adalah tanah *unsaturated* yang memiliki nilai angka pori negatif. Hal ini sering menjadi penyebab longsor yang tidak diprediksi, terutama saat terjadi hujan lebat beberapa hari berturut-turut.

Bab III

Identifikasi Bahaya Longsor

3.1 Identifikasi Daerah Longsor

Di Jawa Barat, Kabupaten Bogor merupakan salah satu daerah yang merupakan titik rawan longsor. Bencana longsor yang terjadi di Kecamatan Babakan Madang, Kabupaten Bogor pada awal Februari 2007 telah menyita banyak perhatian dan menyebabkan banyak kerugian. Jumlah korban mengungsi dalam peristiwa longsor ini sebanyak 7.200 jiwa terdiri dari 3.912 jiwa dari Desa Bojong Koneng dan 3.288 jiwa dari Desa Karang Tengah. Di Desa Bojong Koneng, kerusakan bangunan yang tergolong berat sejumlah 161 unit, kerusakan sedang 216 unit, dan kerusakan ringan 546 unit yang terdiri dari rumah tinggal, masjid/musala, pondok pesantren, dan bangunan sekolah (SD/MI). Sedangkan di Desa Karang Tengah, kerusakan bangunan yang tergolong berat 187 unit, sedang 124 unit, dan ringan 420 unit yang terdiri dari rumah tinggal, masjid/musala, dan pondok pesantren. Mengingat dampak yang dapat ditimbulkan oleh bencana tanah longsor tersebut, maka identifikasi daerah kejadian tanah longsor penting untuk dilakukan agar dapat diketahui penyebab utama longsor dan karakteristik dari tiap kejadian longsor pada daerah-daerah di Indonesia, serta sebagai langkah awal pencegahan

kejadian longsor dan merupakan langkah pertama dalam upaya meminimalkan kerugian akibat bencana tanah longsor. Identifikasi daerah kejadian longsor juga penting untuk mengetahui hubungan antara lokasi kejadian longsor dengan faktor persebaran geologi (batuan, patahan, lipatan) dan penggunaan lahan di daerah terjadinya longsor, sehingga dapat diketahui penggunaan lahan apa yang sesuai pada setiap karakteristik lahan dan geologinya.

Definisi tanah longsor menurut (Suripin 2003), tanah longsor merupakan bentuk erosi dimana pengangkutan atau gerakan masa tanah terjadi pada suatu saat dalam volume yang relatif besar. Peristiwa tanah longsor dikenal sebagai gerakan massa tanah, batuan atau kombinasinya, sering terjadi pada lereng-lereng alam atau buatan. Peristiwa tanah longsor sebenarnya merupakan fenomena alam, yaitu alam mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan atau faktor yang mempengaruhinya. Tanah longsor menyebabkan terjadinya pengurangan kuat geser serta peningkatan tegangan geser tanah. Kamus Wikipedia menambahkan bahwa tanah longsor merupakan suatu peristiwa geologi dimana terjadi pergerakan tanah seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah. Menurut (Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi 2005), tanah longsor bisa juga disebut dengan gerakan tanah. Didefinisikan sebagai massa tanah atau material campuran lempung, kerikil, pasir, dan kerakal serta bongkah dan lumpur, yang bergerak sepanjang lereng atau keluar lereng, karena faktor gravitasi bumi. Gerakan tanah (tanah longsor) adalah suatu produk dari proses gangguan keseimbangan lereng yang menyebabkan bergeraknya massa tanah dan batuan ke tempat yang lebih rendah. Gaya yang menahan massa tanah di sepanjang lereng tersebut dipengaruhi oleh sifat fisik tanah dan sudut dalam tahanan geser tanah yang bekerja di sepanjang lereng. Perubahan gaya-gaya tersebut ditimbulkan oleh pengaruh perubahan alam maupun tindakan manusia. Perubahan kondisi alam dapat

diakibatkan oleh gempa bumi, erosi, kelembaban lereng akibat penyerapan air hujan, dan perubahan aliran permukaan. Pengaruh manusia terhadap perubahan gaya-gaya antara lain adalah penambahan beban pada lereng dan tepi lereng, penggalian tanah di tepi lereng, dan penajaman sudut lereng. Tekanan jumlah penduduk yang banyak mengalihfungsikan tanah-tanah berlereng menjadi pemukiman atau lahan budidaya sangat berpengaruh terhadap peningkatan risiko longsor. Menurut (Sitorus 2006), longsor (*landslide*) merupakan suatu bentuk erosi yang pengangkutan atau pemindahan tanahnya terjadi pada suatu saat yang relatif pendek dalam volume (jumlah) yang sangat besar. Berbeda halnya dengan bentuk-bentuk erosi lainnya (erosi lembar, erosi alur, erosi parit), pada longsor pengangkutan tanah terjadi sekaligus dalam periode yang sangat pendek.

Sedangkan menurut (Dwiyanto 2002), tanah longsor adalah suatu jenis gerakan tanah, umumnya gerakan tanah yang terjadi adalah longsor bahan rombakan (*debris avalanches*) dan nendatan (*slumps/rotational slides*). Gaya-gaya gravitasi dan rembesan (*seepage*) merupakan penyebab utama ketidakstabilan (*instability*) pada lereng alami maupun lereng yang di bentuk dengan cara penggalian atau penimbunan. Tanah longsor merupakan contoh dari proses geologi yang disebut dengan *mass wasting* yang juga sering disebut gerakan massa (*mass movement*), merupakan perpindahan massa batuan, regolith, dan tanah dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah karena gaya gravitasi. Setelah batuan lapuk, gaya gravitasi akan menarik material hasil pelapukan ke tempat yang lebih rendah. Meskipun gravitasi merupakan faktor utama terjadinya gerakan massa, ada beberapa faktor lain yang juga berpengaruh terhadap terjadinya proses tersebut antara lain kemiringan lereng dan air. Apabila pori-pori sedimen terisi oleh air, gaya kohesi antarmineral akan semakin lemah, sehingga memungkinkan partikel-partikel tersebut dengan mudah untuk

bergeser. Selain itu, air juga akan menambah berat massa material, sehingga kemungkinan cukup untuk menyebabkan material untuk meluncur ke bawah. Gambar 3.1 memperlihatkan bagaimana suatu lereng akan runtuh tanahnya akibat kondisi tanah tidak mampu untuk menahan beratnya sendiri sehingga terjadi keruntuhan. Kondisi ini sangat menarik bagi ilmu pengetahuan untuk dianalisis penyebab kelongsoran dan bagaimana cara menanggulangnya.



Gambar 3.1 Kelongsoran pada suatu lereng, koleksi pribadi

Menurut (Naryanto, 2002), jenis tanah longsor berdasarkan kecepatan gerakannya dapat dibagi menjadi lima jenis yaitu a. Aliran, longsor bergerak serentak/mendadak dengan kecepatan tinggi; b. Longsor, material longsor bergerak lambat dengan bekas longsor berbentuk tapal kuda; c. Runtuhan, umumnya material longsor baik berupa batu maupun tanah bergerak cepat sampai sangat cepat pada suatu tebing; d. Majemuk, longsor yang berkembang dari runtuhan atau longsor dan berkembang lebih lanjut menjadi aliran. e. Amblesan (penurunan tanah), terjadi pada penambangan bawah tanah, penyedotan air tanah yang berlebihan, proses pengikisan tanah serta pada daerah yang dilakukan proses pemadatan tanah.

Penurunan tanah (*subsidence*) dapat terjadi akibat adanya konsolidasi, yaitu penurunan permukaan tanah sehubungan dengan proses pemadatan atau perubahan volume suatu lapisan tanah. Proses ini dapat berlangsung lebih cepat bila terjadi pembebanan yang melebihi faktor daya dukung tanahnya ataupun pengambilan air tanah yang berlebihan dan berlangsung relatif cepat. Pengambilan air tanah yang berlebihan dapat mengakibatkan penurunan muka air tanah (pada sistem akifer air tanah dalam) dan turunnya tekanan hidrolik, sedangkan tekanan antarbatu bertambah akibat beban di atasnya menurun. Penurunan tanah pada umumnya terjadi pada daerah dataran yang dibangun oleh batuan/tanah yang bersifat lunak (Sangaji 2003).

Di antara tipe longsor yaitu sebagai berikut. Tipe longsor translasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai. Tipe longsor rotasi, adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung. Tipe pergerakan blok, adalah perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsor ini disebut juga longsor translasi blok batu. Tipe runtuh batu, terjadi ketika sejumlah besar batuan atau material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung terutama di daerah pantai. Batu-batu besar yang jatuh dapat menyebabkan kerusakan yang parah.

Tipe yang lain yaitu tipe rayapan tanah adalah jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Jenis tanah longsor ini hampir tidak dapat dikenali. Setelah waktu yang cukup lama, longsor jenis rayapan ini bisa menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon, atau rumah miring ke bawah. Tipe aliran bahan rombakan, terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume dan tekanan air, serta jenis materialnya.

Gerakannya terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jauhnya. Di beberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai di sekitar gunung api. Aliran tanah ini dapat menelan korban cukup banyak.

Ditinjau dari ketampakan jenis gerakan tanah longsor dapat dibedakan menjadi beberapa macam/tipe antara lain: *pertama*, jenis jatuhan. Material batu atau tanah dalam longsor jenis ini jatuh bebas dari atas tebing. Material yang jatuh umumnya tidak banyak dan terjadi pada lereng terjal. Longsoran, yaitu massa tanah yang bergerak sepanjang lereng dengan bidang longsoran melengkung (memutar) dan mendatar. Longsoran dengan bidang longsoran melengkung, biasanya gerakannya cepat dan mematikan karena tertimbun material longsoran. Sedangkan longsoran dengan bidang longsoran mendatar gerakannya perlahan-lahan, merayap tetapi dapat merusak dan meruntuhkan bangunan di atasnya.

Kedua, jenis aliran. Jenis aliran, yaitu massa tanah bergerak yang didorong oleh air. Kecepatan aliran bergantung pada sudut lereng, tekanan air, dan jenis materialnya. Umumnya gerakannya di sepanjang lembah dan biasanya panjang gerakannya sampai ratusan meter, di beberapa tempat bahkan sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai daerah gunung api. Aliran tanah ini dapat menelan korban cukup banyak. Gerakan tanah gabungan yaitu gerakan tanah gabungan antara longsoran dengan aliran atau jatuhan dengan aliran. Gerakan tanah jenis gabungan ini yang banyak terjadi di beberapa tempat akhir-akhir ini dengan menelan korban cukup tinggi.

Menurut (Dwiyanto 2002), dilihat dari ketampakan bidang gelincirnya terdapat beberapa tipe longsoran yang sering terjadi di antaranya:

- a. Kelongsoran rotasi (*rotational slip*).

- b. Kelongsoran translasi (*translational slip*).
- c. Kelongsoran gabungan (*compound slip*).

Tanah longsor terjadi karena faktor-faktor tertentu. Faktor penyebab terjadinya gerakan pada lereng juga tergantung pada kondisi batuan dan tanah penyusun lereng, struktur geologi, curah hujan, vegetasi penutup dan penggunaan lahan pada lereng tersebut. Namun, secara garis besar dapat dibedakan sebagai faktor alami dan manusia.

Menurut Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (2005), tanah longsor dapat terjadi karena faktor alam dan faktor manusia sebagai pemicu terjadinya tanah longsor, yaitu: *pertama*, faktor alam. Kondisi alam yang menjadi faktor utama terjadinya longsor antara lain: a. Kondisi geologi: batuan lapuk, kemiringan lapisan, sisipan lapisan batu lempung, lereng yang terjal yang diakibatkan oleh struktur sesar dan kekar (patahan dan lipatan), gempa bumi, stratigrafi dan gunung api, lapisan batuan yang kedap air miring ke lereng yang berfungsi sebagai bidang longsor, adanya retakan karena proses alam (gempa bumi, tektonik); b. Keadaan tanah: erosi dan pengikisan, adanya daerah longsor lama, ketebalan tanah pelapukan bersifat lembek, butiran halus, tanah jenuh karena air hujan; c. Iklim: curah hujan yang tinggi, air hujan di atas normal; d. Keadaan topografi: lereng yang curam; e. Keadaan tata air: kondisi drainase yang tersumbat, akumulasi massa air, erosi dalam, pelarutan dan tekanan hidrostatika, susut air cepat, banjir, aliran bawah tanah pada sungai lama; f. Tutupan lahan yang mengurangi tahanan geser, misal lahan kosong, semak belukar di tanah kritis.

Kedua, faktor manusia. Ulah manusia yang tidak bersahabat dengan alam antara lain: a. Pemoangan tebing pada penambangan batu di lereng yang terjal; b. Penimbunan tanah urugan di daerah lereng; c. Kegagalan struktur dinding penahan tanah; d. Perubahan

tata lahan seperti penggundulan hutan menjadi lahan basah yang menyebabkan terjadinya pengikisan oleh air permukaan dan menyebabkan tanah menjadi lembek; e. Adanya budidaya kolam ikan dan genangan air di atas lereng; f. Sistem pertanian yang tidak memperhatikan irigasi yang aman; g. Pengembangan wilayah yang tidak diimbangi dengan kesadaran masyarakat, sehingga RUTR (Rencana Umum Tata Ruang) tidak ditaati yang akhirnya merugikan sendiri; h. Sistem drainase daerah lereng yang tidak baik menyebabkan lereng semakin terjal akibat penggerusan oleh air saluran ditebing; i. Adanya retakan akibat getaran mesin, ledakan, beban massa yang bertambah dipicu beban kendaraan, bangunan dekat tebing, tanah kurang padat karena material urugan atau material longsoran lama pada tebing; j. Terjadinya bocoran air saluran dan luapan air saluran. (Arsyad 1989) mengemukakan bahwa tanah longsor ditandai dengan Bergeraknya sejumlah massa tanah secara bersama-sama dan terjadi sebagai akibat meluncurnya volume tanah di atas suatu lapisan agak kedap air yang jenuh air.

Lapisan yang terdiri dari tanah liat atau mengandung kadar tanah liat tinggi setelah jenuh air, akan bertindak sebagai peluncur. Longsoran akan terjadi jika terpenuhi tiga keadaan sebagai berikut: a. Adanya lereng yang cukup curam sehingga massa tanah dapat bergerak atau meluncur ke bawah; b. Adanya lapisan di bawah permukaan massa tanah yang agak kedap air dan lunak, yang akan menjadi bidang luncur; dan c. Adanya cukup air dalam tanah sehingga lapisan massa tanah yang tepat di atas lapisan kedap air tersebut menjadi jenuh. Lapisan kedap air dapat berupa tanah liat atau mengandung kadar tanah liat tinggi, atau dapat juga berupa lapisan batuan. Penyebab terjadinya tanah longsor dapat bersifat statis dan dinamis. Statis merupakan kondisi alam seperti sifat batuan (geologi) dan lereng dengan kemiringan sedang hingga terjal, sedangkan dinamis adalah ulah manusia. Ulah manusia banyak sekali jenisnya dari perubahan tata guna lahan hingga

pembentukan gawir yang terjal tanpa memperhatikan stabilitas lereng (Suroño 2003). Sedangkan menurut (Sutikno. 1997), faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah antara lain: tingkat kelerengan, karakteristik tanah, keadaan geologi, keadaan vegetasi, curah hujan/hidrologi, dan aktivitas manusia di wilayah tersebut.

3.2. Faktor Penyebab dan Faktor Pemicu Tanah Longsor

Meliputi faktor pemicu dinamis, faktor pemicu statis.

1. Kemiringan Lereng
2. Curah Hujan
3. Penggunaan Lahan (aktivitas manusia)

(Karnawati 2004) dalam (Alhasanah 2006) menjelaskan bahwa terjadinya longsor karena adanya faktor-faktor pengontrol gerakan di antaranya geomorfologi, tanah, geologi, geohidrologi, dan tata guna lahan, serta adanya proses-proses pemicu gerakan seperti: infiltrasi air ke dalam lereng, getaran, aktivitas manusia/perubahan dan gangguan lahan. Faktor-faktor tersebut saling berinteraksi sehingga mewujudkan suatu kondisi lereng yang cenderung atau berpotensi untuk bergerak. Kondisi lereng yang demikian disebut sebagai kondisi rentan untuk bergerak. Gerakan pada lereng baru benar-benar dapat terjadi apabila ada pemicu gerakan. Pemicu gerakan bisa merupakan proses-proses alamiah ataupun nonalamiah yang dapat mengubah kondisi lereng dari rentan (siap bergerak) menjadi mulai bergerak.

(Darsoatmojo dan Soedrajat 2002), menyebutkan bahwa terdapat beberapa ciri/karakteristik daerah rawan akan gerakan tanah, yaitu: a. Adanya gunung api yang menghasilkan endapan batu vulkanik yang umumnya belum padu dan dengan proses fisik

dan kimiawi, maka batuan akan melapuk, berupa lempung pasir atau pasir lempungan yang bersifat sarang, gembur, dan mudah meresapkan air; b. Adanya bidang luncur (diskontinuitas) antara batuan dasar dengan tanah pelapukan, bidang luncuran tersebut merupakan bidang lemah yang licin dapat berupa batuan lempung yang kedap air atau batuan breksi yang kompak dan bidang luncuran tersebut miring ke arah lereng yang terjal; c. Pada daerah pegunungan dan perbukitan terdapat lereng yang terjal, pada daerah jalur patahan/sesar juga dapat membuat lereng menjadi terjal dan dengan adanya pengaruh struktur geologi dapat menimbulkan zona retakan sehingga dapat memperlemah kekuatan batuan setempat; d. Pada daerah aliran sungai tua yang bermeander dapat mengakibatkan lereng menjadi terjal akibat pengikisan air sungai ke arah lateral, bila daerah tersebut disusun oleh batuan yang kurang kuat dan tanah pelapukan yang bersifat lembek dan tebal maka mudah untuk longsor; e. Faktor air juga berpengaruh terhadap terjadinya tanah longsor, yaitu bila di lereng bagian atas terdapat adanya saluran air tanpa bertembok, persawahan, kolam ikan (genangan air), bila saluran tersebut jebol atau bila turun hujan air permukaan tersebut meresap ke dalam tanah akan mengakibatkan kandungan air dalam massa tanah akan lewat jenuh, berat massa tanah bertambah, dan tahanan geser tanah menurun serta daya ikat tanah menurun sehingga gaya pendorong pada lereng bertambah yang dapat mengakibatkan lereng tersebut goyah dan bergerak menjadi longsor.

Menurut (Direktorat Geologi Tata Lingkungan 1981), faktor-faktor penyebab terjadinya tanah longsor antara lain adalah sebagai berikut: a. Topografi atau lereng, b. Keadaan tanah/batuan, c. Curah hujan atau keairan, d. Gempa/gempa bumi, dan e. Keadaan vegetasi/hutan dan penggunaan lahan. Faktor-faktor penyebab tersebut satu sama lain saling mempengaruhi dan menentukan besar dan luasnya bencana tanah longsor. Kepekaan

suatu daerah terhadap bencana tanah longsor ditentukan pula oleh pengaruh dan kaitan faktor-faktor ini satu sama lainnya.

Menurut (Karnawati 2001), kelerengan (*slope*) menjadi faktor yang sangat penting dalam proses terjadinya tanah longsor. Pembagian zona kerentanan sangat terkait dengan kondisi kemiringan lereng. Kondisi kemiringan lereng lebih 15° perlu mendapat perhatian terhadap kemungkinan bencana tanah longsor dan tentunya dengan mempertimbangkan faktor-faktor lain yang mendukung. Pada dasarnya, sebagian besar wilayah di Indonesia merupakan daerah perbukitan atau pegunungan yang membentuk lahan miring. Namun, tidak selalu lereng atau lahan yang miring berpotensi longsor. Potensi terjadinya gerakan pada lereng juga tergantung pada kondisi batuan dan tanah penyusun lerengnya, struktur geologi, curah hujan, vegetasi penutup, dan penggunaan lahan pada lereng tersebut. Lebih jauh, (Karnawati 2001) menyebutkan terdapat tiga tipologi lereng yang rentan untuk bergerak/longsor, yaitu: 1) Lereng yang tersusun oleh tumpukan tanah gembur dialasi batuan atau tanah yang lebih kompak; 2) Lereng yang tersusun oleh pelapisan batuan miring searah lereng; 3) Lereng yang tersusun oleh blok-blok batuan. Kemantapan suatu lereng tergantung pada gaya penggerak dan gaya penahan yang ada pada lereng tersebut. Gaya penggerak adalah gaya-gaya yang berusaha untuk membuat lereng longsor, sedangkan gaya penahan adalah gaya-gaya yang mempertahankan kemantapan lereng tersebut. Jika gaya penahan ini lebih besar daripada gaya penggerak, maka lereng tersebut tidak akan mengalami gangguan atau berarti lereng tersebut mantap (Das, 1993; Notosiswojo dan Projosumarto, 1984 dalam Mustafiril, 2003).

Faktor-faktor yang menyebabkan longsor secara umum diklasifikasikan sebagai berikut (Notosiswojo dan Projosumarto, 1984 dalam Mustafiril 2003): 1) Faktor-faktor yang menyebabkan naiknya tegangan geser, yaitu naiknya berat unit tanah karena

pembasahan, adanya tambahan beban eksternal seperti bangunan, bertambahnya kecuraman lereng karena erosi alami atau karena penggalian, dan bekerjanya beban guncangan; 2) Faktor-faktor yang menyebabkan turunnya kekuatan geser, yaitu adanya absorpsi air, kenaikan tekanan pori, beban guncangan atau beban berulang, pengaruh pembekuan atau pencairan, hilangnya sementasi material, proses pelapukan, dan hilangnya kekuatan karena regangan berlebihan pada lempung sensitif. (Sitorus 2006) menjelaskan bahwa peningkatan tegangan geser dapat disebabkan oleh banyak faktor lain: a. Hilangnya penahan lateral, karena aktivitas erosi, pelapukan, penambahan kemiringan lereng, dan pemotongan lereng; b. Kelebihan beban, karena air hujan yang meresap ke tanah, pembangunan di atas lereng, karena pengikisan air, penambangan batuan, pembuatan terowongan, dan eksploitasi air tanah berlebihan; c. Getaran, karena gempa bumi atau mesin kendaraan; d. Hilangnya tahanan bagian bawah lereng karena pengikisan air; e. Tekanan lateral, karena pengikisan air di pori-pori antarbutiran tanah dan pengembangan tanah; dan f. Struktur geologi, yang berpotensi mendorong terjadinya longsor. Potensi tersebut merupakan adanya kontak antarbatuan dasar dengan pelapukan batuan, adanya retakan, patahan, rekahan, sesar, dan perlapisan batuan yang terlampau miring; g. Sifat batuan, pada umumnya komposisi mineral dari pelapukan batuan vulkanis yang berupa lempung akan mudah mengembang dan bergerak. Tanah dengan ukuran batuan yang halus dan seragam, kurang padat atau kurang kompak; h. Air, adanya genangan air, kolam ikan, rembesan, susut air cepat. Saluran air yang terhambat pada lereng menjadi salah satu sebab yang mendorong munculnya pergerakan tanah atau longsor; i. Vegetasi/tutupan lahan, peranan vegetasi pada kasus longsor sangat kompleks. Jika tumbuhan tersebut memiliki perakaran yang mampu menembus sampai lapisan batuan dasar maka tubuhan tersebut akan sangat berfungsi sebagai penahan massa lereng.

Di sisi lain, meskipun tumbuhan memiliki perakaran yang dangkal tetapi tumbuh pada lapisan tanah yang memiliki daya kohesi yang kuat sehingga menambah kestabilan lereng. Pada kasus tertentu, tumbuhan yang hidup pada lereng dengan kemiringan tertentu justru berperan sebagai penambah beban lereng yang mendorong terjadinya longsor. Secara umum, bentuk penampang keruntuhan lereng dibedakan sebagai berikut.

- 1) Berbentuk rotasi lingkaran (*circular rotational slips*) untuk kondisi tanah homogen.
- 2) Tidak berbentuk lingkaran (*noncircular*) untuk kondisi tanah tidak homogen,
- 3) Bentuk translasi (*translational slip*) untuk kondisi tanah yang mempunyai perbedaan kekuatan antara lapisan permukaan dengan lapisan dasar longsor dan pada umumnya terletak pada lapisan tanah dangkal (*shallow depth*) serta longsor yang terjadi berupa bidang datar dan sejajar dengan lereng, dan
- 4) Bentuk kombinasi (*compound slip*) biasanya terjadi pada lapisan tanah dengan dalam yang besar (*greater depth*) dan bentuk keruntuhan penampangnya terdiri dari lengkung dan datar (Peck dan Terzaghi, 1987; McKyes, 1989; Craig, 1992; Bhandari, 1995, dalam Mustafri 2003).

Pada dasarnya, sebagian besar wilayah di Indonesia merupakan daerah perbukitan atau pegunungan yang membentuk lahan miring. Lereng atau lahan yang kemiringannya melampaui 20 derajat (40%), umumnya berpotensi untuk bergerak atau longsor. Namun, tidak selalu lereng atau lahan yang miring berpotensi longsor. Menurut (Anwar, H.Z., et.al 2001), dari berbagai kejadian longsor, dapat diidentifikasi tiga tipologi lereng yang rentan bergerak, yaitu:

- a. Lereng timbunan tanah residual yang dialasi oleh batuan kompak.
- b. Lereng batuan yang berlapis searah lereng topografi.
- c. Lereng yang tersusun oleh blok-blok batuan.

3.3 Penutupan Vegetasi

Penutupan vegetasi menurut (Sitorus 2006), vegetasi berpengaruh terhadap aliran permukaan, erosi, dan longsor melalui (1) Intersepsi hujan oleh tajuk vegetasi/tanaman, (2) Batang mengurangi kecepatan aliran permukaan dan kanopi mengurangi kekuatan merusak butir hujan, (3) Akar meningkatkan stabilitas struktur tanah dan pergerakan tanah, dan (4) Transpirasi mengakibatkan kandungan air tanah berkurang. Keseluruhan hal ini dapat mencegah dan mengurangi terjadinya erosi atau longsor. Tanaman mampu menahan air hujan agar tidak merembes untuk sementara, sehingga bila dikombinasikan dengan saluran drainase dapat mencegah penjeñuhan material lereng dan erosi buluh (Rusli 2007).

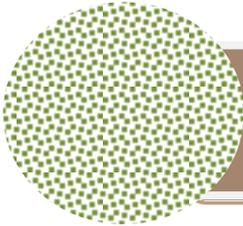
Selanjutnya menurut (Rusli, I. 1997), keberadaan vegetasi juga mencegah erosi dan pelapukan lebih lanjut batuan lereng, sehingga lereng tidak bertambah labil. Dalam batasan tertentu, akar tanaman juga mampu membantu kestabilan lereng. Namun, terdapat fungsi-fungsi yang tidak dapat dilakukan sendiri oleh tanaman dalam mencegah longsor. Pola tanam yang tidak tepat justru berpotensi meningkatkan bahaya longsor. Jenis tanaman apapun yang ditanam saat rehabilitasi harus sesuai dengan kondisi geofisik dan sejalan dengan tujuan akhir rehabilitasi lahan. Pohon yang cocok ditanam di lereng curam adalah yang tidak terlalu tinggi, namun memiliki jangkauan akar yang luas sebagai pengikat tanah (Suroño 2003). Penutupan lahan merupakan istilah yang

KESIMPULAN



Kegagalan/kelongsoran pada lereng merupakan fenomena alam yang didefinisikan sebagai pergerakan tanah yang terjadi, dikarenakan adanya faktor maupun gangguan yang mempengaruhi dan menyebabkan terjadinya pengurangan kuat geser serta peningkatan tegangan geser pada tanah atau keduanya secara simultan. Gangguan pada keseimbangan lereng dapat diakibatkan oleh kegiatan manusia dan oleh lereng itu sendiri. Selain itu, masalah kegagalan lereng juga dapat terjadi disebabkan oleh keadaan geografi dan topografi di suatu wilayah. Dalam pembangunan konstruksi sipil sering dijumpai permasalahan pada jenis tanah lunak, antara lain daya dukung tanah yang rendah dan penurunan (*settlement*) terjadi cukup besar, seiring dengan bertambahnya beban yang dipikulnya. Evaluasi stabilitas lereng mempunyai peranan yang sangat penting pada perencanaan konstruksi sipil, salah satunya pada bidang transportasi. Dalam merencanakan dan membangun jaringan jalan yang melewati kondisi tanah atau batuan diduga telah mengalami degradasi perlu dievaluasi dan dianalisis sebelumnya untuk memperoleh kondisi jaringan jalan yang stabil sehingga dapat mewujudkan tujuan agar jalan dapat memenuhi tiga kriteria, yaitu: aman, nyaman bagi pengguna jalan, serta kuat sehingga dapat memberikan masa layanan yang sesuai dengan umur rencananya. Karena banyaknya faktor yang dapat menyebabkan kelongSORan ini, maka sangat diperlukan adanya penanggulangan longsor untuk menjaga

infrastruktur. Penanggulangan longsoran adalah tindakan yang bersifat pencegahan dan tindakan korektif. Tindakan pencegahan dimaksudkan untuk menghindari kemungkinan terjadinya longsor, sedangkan tindakan korektif dilakukan setelah longsor terjadi. Hal yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan kriteria faktor keamanan adalah risiko yang dihadapi, kondisi beban dan parameter yang digunakan dalam melakukan analisis stabilitas lereng. Risiko yang dihadapi dibagi menjadi tiga yaitu: tinggi, menengah, dan rendah. Tugas seorang *engineer* meneliti stabilitas lereng untuk menentukan faktor keamanannya.



DAFTAR PUSTAKA

- Abramson, L. W., Lee, T. S., Sharma, S., and Boyce, G. M. 2002. *Slope Stability Concepts. Slope Stabilisation and Stabilisation Methods*,. Second Edi. published by John Willey & Sons, Inc.
- Afriani, L., Juansyah, Y, 2016, *Pengaruh Fraksi Pasir Dalam Campuran Tanah Lempung Terhadap Nilai CBR dan Indeks Plastisitas Untuk Meningkatkan Daya Dukung Tanah Dasar*, Rekayasa: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung, ISSN 0852-7733, Vol. 20, No. 1, hal.23 - 32.
- Afriani, L., Adha, I., Setyanto. 2018. *Innovative Design of Soil Pressure Modeling Test Apparatus to Determine the Amount of Soil Compaction Energy to Dry Density Value. in Proceeding ICRS*. Surabaya: UNAIR.
- Afriani, L., et all, 2019, *Identifikasi Arah Kelongsoran Tanah Di Bawah Badan Jalan Rel Kereta Api Akibat Adanya Aliran Air Bawah Tanah*. Proceeding, 23rd Annual National Conference On geotechnical Engineering,. “Geotechnical Engineering Role model, ISSN 978 - 602 - 17221 - 7 – 6, hal. 91-97.
- Alhasanah, Fauziah. 2006. *Pemetaan Dan Analisis Daerah Rawan Tanah Longsor Serta Upaya Mitigasinya Menggunakan Sistem Informasi Geografis*. Bogor. IPB.

- Alhasanah, Fauziah. 2006. *Pemetaan Dan Analisis Daerah Rawan Tanah Longsor Serta Upaya Mitigasinya Menggunakan Sistem Informasi Geografis*. Bogor. IPB.
- Aller, L., Bennet, T., Lehr, J. H., Petty, R. J., & Hackett, G. 1987. *DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Using Hydrogeologic Settings*. US: Environmental Protection Agency Report.
- Anonim. 2007. *Pencegahan Gerakan Tanah Dengan Identifikasi Zona Rentan*. Retrieved 1 June 2021 (<http://www.d-infokom-jatim.go.id/news.php?id=11029>).
- Anwar, H.Z., dan Kesumadhama, S., 1991. *Konstruksi Jalan Di Daerah Pegunungan Tropis*. Makalah Ikatan Ahli Geologi Indonesia.
- Anwar, H.Z., Suwiyanto, E Subowo, Karnawati, D., Sudaryanto, Ruslan, M. 2001. *Aplikasi Citra Satelit dalam Penentuan Daerah Rawan Bencana Longsor*. Bandung: Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI.
- Arsyad. 2000. *Konservasi Tanah Dan Air*. Bogor: Penerbit IPB.
- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah Dan Air*. Bogor: Penerbit IPB Press.
- Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah Dan Air*. Bogor: IPB Press.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2012. *Pedoman Umum Penyusunan Peta Risiko*. Jakarta: BNPB.
- Barus, B. 1999. Landslide Hazard Mapping Based on GIS Univariate Statistical Classification: Case Study of Ciawi-Puncak-Pacet Regions, West Java. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan* 2(1):7–16.

- Bishop, A. W. 1959. The Principle of Effective Stress. *Teknik Ukeblad*, 106(39):859–63.
- Bowles, JE. 1989. *Sifat-Sifat Fisik & Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Brunsdon, D., Schorrt, L., & Ibsen, M. 1984. *Landslide Recognition, Identification Movement and Causes*. England: John Wiley & Sons.
- Craig, R.G., et. al. 2004. *Crag's Soil Mechanics*. UK: Nostroad Reinhold Co., Ltd.
- Craig, RF. 1991. *Mekanika Tanah*. Edisi Keem. Jakarta: Erlangga.
- Cruden, DM & Varnes, DJ. 1996. *Landslide Types and Processes. In Special Report 247: Landslides: Investigation and Mitigation*. Washington D.C.: Transportation Research Board.
- Danil, Ahmad. 2008. *Identifikasi Kejadian Longsor dan Penentuan Faktor-Faktor Utama Penyebabnya di Kecamatan Babakan Madang Kabupaten Bogor*. IPB.
- Darsoatmojo, A. dan G. M. Soedrajat. 2002. *Bencana Tanah Longsor Tahun 2001*. Year Book Mitigasi Bencana Tahun 2001.
- Das, B. 2002. *Principles of Geotechnical Engineering*. Singapore: Brooks/Cole.
- Das, Braja M. 2010. *Principle of Geotechnical Engineering*. 7th ed. USA: Cengage Learning.
- Dikau, R., et. al. 1997. *Landslide Recognition*. England: John Willey & Sons.
- Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. 2005. *Manajemen Bencana Tanah Longsor*.

- Direktorat Geologi Tata Lingkungan. 1981. *Gerakan Tanah Di Indonesia. Direktorat Jenderal Pertambangan Umum*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi.
- Direktorat Geologi Tata Lingkungan. 1981. *Gerakan Tanah Di Indonesia. Direktorat Jenderal Pertambangan Umum*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi.
- Dwiyanto, JS. 2002. *Penanggulangan Tanah Longsor Dengan Grouting*. Semarang: Penanggulangan Tanah Longsor dengan Grouting.
- Fredlund, D. G., Morgenstern, N. R., & Widger, and R.A. 1978. The Shear Strength of Unsaturated Soil. *Canadian Geotechnical Journal* 15(3):313–21.
- Fredlund, D. G., Xin, A., & Barbour, S. L. 1995. The Relationship of the Unsaturated Soil Shear Strength to the Soil-Water Characteristic Curve. *Canadian Geotechnical Journal* 33(3):440–48.
- Gatot, S. .. 2011. *Soil Testing in the Laboratory, Explanations & Guides*. Yogyakarta: Graha Ilmu Publish.
- Grandis, H. 2010. *Direct Current Resistivity Method: Concept and Application in Sounding, Mapping, and Tomography*. Bandung: ITB.
- Gribble, A. C. McLean & C. D. 1979. *Geology for Civil Engineers*. London: Geological Magazine.
- Haerudin, N., Pardede, V. J., dan Rasimeng, S. 2009. Analisis Reservoir Daerah Potensi Panasbumi Gunung Rajabasa Kalianda Dengan Metode Tahanan Jenis Dan Geotermometer. *Jurnal Ilmu Dasar* 10(2).

- Hamdhan, I. N. 2013. *A Contribution to Slope Stability Analysis with the Finite Element Method*. Technische Universität Graz.
- Hirnawan, R.F. dan Zakaria, Z. 1991. Sikap Fisik Tanah Lapukan Breksi Vulkanik Terhadap Kadar Air Sebagai Dasar Simulasi Geometris Lereng Kupasan Stabil Di Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. in *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Ikatan Ahli Geologi Indonesia ke-20*.
- Hirnawan, R. 1993. *Ketanggapan Stabilitas Lereng Perbukitan Rawan Gerakan Tanah Atas Tanaman Keras, Hujan Dan Gempa*. Bandung: UNPAD.
- Hirnawan, R. 1993. *Ketanggapan Stabilitas Lereng Perbukitan Rawan Gerakantanah Atas Tanaman Keras, Hujan & Gempa*. Bandung: UNPAD.
- Hirnawan, R. F. 1994. Peran Faktor-Faktor Penentu Zona Berpotensi Longsor Di Dalam Mandala Geologi Dan Lingkungan Fisiknya Jawa Barat. *Majalah Ilmiah Universitas Padjadjaran* 2(2):32–42.
- Karnawati, D. 2001. *Bencana Alam Gerakan Tanah Indonesia Tahun 2000 (Evaluasi Dan Rekomendasi)*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Geologi. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Karnawati, D. 2003. *Manajemen Bencana Gerakan Tanah. Diktat Kuliah*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada.
- Karnawati, D. 2004. *Bencana Alam Gerakan Masa Tanah Di Indonesia Dan Upaya Penanggulangannya*. Jurusan Teknik Geologi. Yogyakarta: Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada.

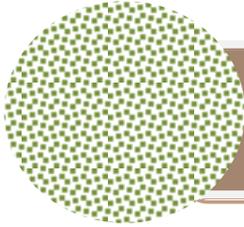
- Karnawati, D. 2005. *Bencana Alam Gerakan Masa Tanah Di Indonesia Dan Upaya Penanggulangannya*. Jurusan Teknik Geologi. Yogyakarta: Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada.
- Li, Ruopu, and Lin Zhao. 2011. *Digital Commons*. University of Nebraska - Lincoln Vadose Zone Mapping Using Geographic Information Systems and Geostatistics Vadose Zone Mapping Using Geographic Information Systems and Geostatistics.
- Lillesand, T.M. dan R.W. Kiefer. 1993. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Litbang Departemen Pertanian. 2006. *Peraturan Menteri Pertanian Nomor: 47/Permentan/ OT.140/10/2006 Tentang Pedoman Umum Budidaya Pertanian Pada Lahan Pegunungan*. Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian.
- Lo, C. P. 1995. *Penginderaan Jauh Terapan (Di Indonesiakan Oleh B. Purbowaseso)*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Look, B. G. 2007. *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables*. London, UK: Taylor & Francis Group.
- Martins, Elisio, Da Costa, Andi Kristafi Arifianto, and Ikrar Hanggara. 2019. Analisis Penentuan Faktor Keamanan Stabilitas Lereng Menggunakan Metode Fellinius Dan Bishop *Jurnal Penelitian Mahasiswa Teknik Sipil dan Teknik Kimia* . 3(1):120–30.
- Mulyana, A.R., dkk, 2007, Peta Kawasan Bencana Gunungapi Raung, Jawa Timur, PVMBG, Bandung.

- Muntaha, Mohammad. 2010. Pemodelan Infiltrasi Air Ke Dalam Tanah Dengan Alat "Kolom Infiltrasi" Untuk Menghitung Koefisien Permeabilitas Tanah Tidak Jenuh (Kw). *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil* 8(1):35. doi: 10.12962/j12345678.v8i1.2732.
- Mustafiril. 2003. *Analisis Stabilitas Lereng Untuk Konservasi Tanah Dan Air Di Kecamatan Banjarwangi Kabupaten Garut*. Bogor:IPB.
- Nandi. 2007. *Buku Longsor Pengayaan Geologi Lingkungan*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Nandi. 2007. *Longsor*. Bandung: Jurusan Pendidikan Geografi-UPI.
- Naryanto, N. S. 2002. *Evaluasi Dan Mitigasi Bencan Tanah Longsor Di Pulau Jawa Tahun 2001*. Jakarta: BPPT.
- Noor, Djauhari. 2006. *Geologi Lingkungan*. Yogyakarta: Graha Ilmu Publish.
- Pangular, D. 1985. *Petunjuk Penyelidikan & Penanggulangan Gerakan Tanah*,. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, Balitbang Departemen Pekerjaan Umum.
- Rahardjo, Santoso, and Eng-Choon. 2009. Unsaturated Soil Mechanics for Solving Geotechnical Problems, in *International Conference on Sustainable Infrastructure and Built Environment in Developing Countries*. Bandung.
- Rusli, I., Mardius dan Zalpadli. 1997. Penyakit Antraknosa Pada Buah Cabai Di Sumatra Barat. in *Proseding Kongres Nasional XLV dan Seminar Ilmiah, Palembang*. Perhimpunan Fitopatologi Indonesia.
- Rusli, S. 2007. *Waspada Hujan Dan Longsor*. Jakarta.

- Sadisun, A. I. 2005. *Usaha Pemahaman Terhadap Stabilitas Lereng dan Longsor Sebagai Langkah Awal dalam Mitigasi Bencana Longsor*. Bandung: Departemen Teknik Geologi Institut Teknologi Bandung.
- Sangaji, I. 2003. *Formasi Geologi, Penggunaan Lahan, dan Pola Sebaran Aktivitas Penduduk di Jabodetabek*. IPB.
- Saptohartono, Endri. 2007. *Analisis Pengaruh Curah Hujan Terhadap Tingkat Kerawanan Bencana Tanah Longsor Kabupaten Bandung*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Schon, J. H. 1996. *Physical Properties of Rocks: Fundamentals and Principles of Petrophysics*. (18):583.
- SKBI-2.3.06. 1987. *Petunjuk Perencanaan Penanggulangan Longsor*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Sinarta, I. N. Rifa'I, A. Fathani, T. F. Wilopo, W. 2016. Indeks Ancaman Gerakan Tanah dengan Metode Analytic Hierarchy Process (AHP) Untuk Penataan Infrastruktur Kepariwisata Di Kawasan Geopark Gunung Batur, Kabupaten Bangli. in *Seminar Nasional Konsepsi 2: Infrastruktur -Bangunan – Konstruksi: Berbasis Lingkungan Kepariwisata Berkearifan*.
- Sitorus, S. 2006. *Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Longsor*. Jakarta: Direktorat Jendral Penataan Ruang Departmen Pekerjaan Umum.
- Sitorus, S. 2006. *Pengembangan Lahan Berpenutupan Tetap sebagai Kontrol Terhadap Faktor Risiko dan Bencana Longsor*. Jakarta: Direktorat Jendral Penataan Ruang Departmen Pekerjaan Umum.

- Soedrajat, Adjat. 2007. *Menunggu Longsor*. Retrieved June 2, 2021 (<http://www.pikiranrakyat.com/cetak/2007/112007/16/0901.htm>).
- Soehaimi A., et. al. 1990. *Gempabumi Majalengka Tanggal 6 Juli 1990*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sudibyakto. 2009. Pengembangan Sistem Perencanaan Manajemen Risiko Bencana Di Indonesia. *Jurnal Kebencanaan Indonesia* 2(1):95–105.
- Suhanto, Edi, and Bakrun. 2005. Penyelidikan Geolistrik Tahanan Jenis Di Daerah Panas Bumi Pincara, Kabupaten Masamba – Sulawesi Selatan. *Pemaparan Hasil Kegiatan Lapangan Subdit Panas Bumi 2005* [24-1].
- Suripin. 2003. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Surono. 2003. Potensi Bencana Geologi di Kabupaten Garut. Garut: *Prosiding Semiloka Mitigasi Bencana Longsor di Kabupaten Garut*.
- Surono. 2003. *Potensi Bencana Geologi di Kabupaten Garut. Prosiding Semiloka Mitigasi Bencana Longsor di Kabupaten Garut*. Garut, Jawa Barat: Pemerintah Kabupaten Garut.
- Suryolelono, K. B. 2005. *Bencana Alam Tanah Longsor Perspektif Ilmu*. Yogyakarta: UGM Press.
- Suryolelono, K. B. 2005. *Bencana Alam Tanah Longsor Perspektif Ilmu*. Yogyakarta: UGM Press.
- Sutikno. 1997. *Penyuluhan Bencana Alam Gerakan Tanah*. Bandung: Direktorat Geologi Tata Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

- Sutikno. 1997. Pendekatan Geomorfologi Untuk Mitigasi Bencana Alam Akibat Gerakan Massa Tanah/Batuan. in *Proceeding Seminar Mitigasi Bencana Alam di UGM*. Yogyakarta.
- Sutikno. 1997. *Penyuluhan Bencana Alam Gerakan Tanah*. Bandung: Direktorat Geologi Tata Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., And, and D. A. Keys. 1990. *Applied Geophysics*. Second Edition. Cambridge: Cambridge University Press.
- Testing, laboratory soil. 1970. *Engineer Manual*. Washington, D.C: U.S. Army Corps of Engineers, Dept. of the Army.
- United Nation Development Program (UNDP). 1992. *Introduction of Hazard*. edited by E. Paripurno ET. Pustaka Pelajar dan Oxfam B.G.
- Zaenuddin, A. Taufiq. Mega, H.D. Triyanto, D. 2014. *Geoelectric Resistivity Method with WernerSchlumberger Configuration For Analysis Seawater Intrusion At Teluk Betung Area, Lampung*. Hokkaido International Scientific Assosiation.
- Zaenudin, Ahmad. 2020. *Identifikasi Arah Kelongsoran Tanah Di Bawah Badan Jalan Rel Kereta Api Akibat Adanya Aliran Air Bawah Tanah*. (November 2019).



TENTANG PENULIS



Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A. lahir di Palembang, 10 Mei 1965. Di besarkan di kota Bandar Lampung. Semasa kecil penulis sekolah di SD N 10, SMPN2, SMAN2 Bandar Lampung. Setelah menamatkan pendidikan Sekolahnya, Ia melanjutkan studi ke Fakultas Non Gelar Teknologi (FNGT) Universitas Lampung, pada saat itu belum menjadi program S1. Ia melanjutkan ke pendidikan ini, karena bercita-cita ingin menjadi seorang tukang insinyur yang penuh dengan tantangan. Setamat dari FNGT, Ia melanjutkan pendidikannya ke Institut Teknologi Sepuluh November (ITS) Surabaya. Tahun 1993, dipercaya menjadi Seorang Dosen PNS yang ditugaskan di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung sampai sekarang. Pada tahun 1998-2003, melanjutkan studi S2 dan S3 di Universite de Nantes dan Universite de Caen Perancis, mendapat beasiswa dari DUE Projek dan LCPC de Rouen Prancis. Setelah pulang sekolah, ia memulai karirnya dibidang pendidikan dengan diangkat menjadi Wakil Dekan Bidang Akademis, Dekan, PJ Wakil Rektor IV, Kepala Laboratorium Mekanika Tanah dan pada saat ini dipercaya menjadi Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat/LPPM Universitas Lampung. Sebagai seorang dosen di bidangnya, Ia melakukan penelitian, pengabdian kepada masyarakat, aktif menulis artikel serta mengikuti seminar dan saat ini menulis buku referensi berjudul Kerawanan Longsor Pada Lereng Tanah Lunak dan Penanganannya.