

**ANALISIS GERAKAN TANAH PADA BATUAN GRANITE
DAERAH LEATO PROVINSI GORONTALO**

*MASS MOVEMENT ANALYSIS ON GRANITE LITHOLOGY
LEATO AREA GORONTALO PROVINCE*

RONAL HUTAGALUNG

P3000210003



PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2013

**ANALISIS GERAKAN TANAH PADA BATUAN GRANITE
DAERAH LEATO PROVINSI GORONTALO**

*MASS MOVEMENT ANALYSIS ON GRANITE LITHOLOGY
LEATO AREA GORONTALO PROVINCE*

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Geologi

Disusun dan diajukan oleh

RONAL HUTAGALUNG

kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2013

**LEMBAR PENGESAHAN
TESIS**

**ANALISIS PETROLOGI DAN PENGARUHNYA TERHADAP
GERAKAN TANAH KOTA GORONTALO PROVINSI
GORONTALO**

Disusun dan diajukan oleh
RONAL HUTAGALUNG
Nomor Pokok P3000210003



Menyetujui
Komisi Penasihat,

Dr. Ir. Muhammad Ramli, MT
Ketua Penasihat

**Prof. Dr. rer. nat. Ir. A. M.
Imran**
Anggota Penasihat

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Geologi

Dr. Ulva Ria Irfan, ST, MT
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

N a m a : Ronal Hutagalung
Nomor Pokok : P3000210003
Program Studi : Teknik Geologi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Juli 2013

Yang menyatakan,

Ronal Hutagalung

PRAKATA

Alhamdulillah Rabbil Alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT atas berlimpahnya Rahmat dan Pertolongan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis ini

Gagasan yang melatar belakangi penulis mengambil topik Analisis Gerakan Tanah Pada batuan Granite Daerah Leato Provinsi Gorontalo berasal dari sebuah kepedulian terhadap sering terjadinya bencana longsor di lokasi penelitian serta besarnya kerugian yang diakibatkan oleh bencana tersebut

Dalam penelitian ini, penulis bermaksud mengungkapkan bagaimana sifat dan karakteristik batuan granit serta potensi gerakan tanah di Daerah Leato Provinsi Gorontalo.

Berbagai tantangan penulis alami sejak persiapan penelitian sampai penyusunan tesis ini. Tidak sedikit bantuan yang penulis terima, baik secara moril maupun material dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Muhammad Ramli, MT dan Bapak Prof. Dr.rer.nat. Ir. A. M. Imran selaku Ketua dan Anggota Komisi Penasihat atas bimbingan dan bantuan yang telah diberikan selama proses penyusunan tesis ini.
2. Ibu Dr. Ulva Ria Irfan, ST., MT, Ibu Dr. Ir. Hj. Rohaya Langkoke, MT, dan Bapak Dr. Adi Tunggiroh, MT. selaku anggota panitia penilai, atas

kesediaannya meluangkan waktu untuk menelaah dan memberikan saran perbaikan tesis ini.

3. Ibu Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Geologi atas segala dukungan dan bantuan selama penulis mengikuti pendidikan.
4. Bapak dan Ibu staf pengajar beserta staf administrasi Program Studi Magister Teknik Geologi yang telah membimbing dan memberikan arahan kepada penulis selama mengikuti pendidikan.
5. Istri tercinta Dewi Rahmawaty Isa yang dengan setia dalam mendampingi serta anakda Rafie Akhtar Hutagalung atas doanya.
6. Ayahanda H. Agus Hutagalung dan Ibunda Hj. Iriati Hiola atas pengertian, do'a serta dukungan selama penulis mengikuti pendidikan.
7. Serta secara khusus penulis menyampaikan ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian pendidikan pada Program Studi Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang tidak sempat disebutkan satu persatu.

Akhirnya, segala kritikan dan saran dari semua pihak kami harapkan demi meningkatkan penyelidikan mengenai gerakan tanah yang ada di Kawasan Timur Indonesia.

Makassar, Juli 2013

Ronal Hutagalung

ABSTRAK

RONAL HUTAGALUNG. *Analisis Gerakan Tanah Pada Batuan granite Daerah Leato Provinsi Gorontalo* (dibimbing oleh Muhammad Ramli dan A. M. Imran)

Penelitian ini bertujuan menganalisis sifat dan karakteristik batuan granit di lokasi penelitian serta bagaimana pengaruhnya terhadap potensi bencana gerakan tanah di Daerah Leato Provinsi Gorontalo.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan seperti penyelidikan geologi dan analisis laboratorium. Analisis data meliputi pendekatan parameter morfologi, litologi, geologi struktur, analisis petrografi dan XRD – SEM.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa batuan granit pada daerah penelitian terletak pada zona sesar Gorontalo dan telah mengalami pengkekar dengan arah strike searah dengan kemiringan lereng yang mencapai 60 -80 derajat. Kerapatan kekar mencapai 20 kekar/meter dengan bukaan kekar 1 – 3 cm. Pada kekar-kekar tidak ditemukan isian mineral sehingga menjadi saluran bagi air untuk masuk ke dalam batuan. Akibat dari masuknya air tersebut terjadi pelapukan bagian pinggir batuan sehingga membentuk pelapukan mengulit bawang. Berdasarkan hasil analisa XRD diperoleh data bahwa pada batuan granit ini mengandung mineral lempung berupa Zeolite, Albit, dan Potassium dioksida. Gerakan tanah yang terjadi pada batuan granit di Daerah Leato dipicu oleh tekanan air yang masuk ke dalam kekar-kekar batuan. Selain menyebabkan terjadinya pelapukan pada batuan, masuknya air pada kekar-kekar saat musim hujan menyebabkan tingginya tekanan air yang menyebabkan batuan terlepas membentuk bongkah batuan. Dengan ditunjang oleh kondisi morfologi yang terjal serta gaya gravitasi, air yang mengalir diantara bongkah batuan ini kemudian menyebabkan terjadinya bencana gerakan tanah jatuhnya batuan (*rock fall*)

ABSTRACT

RONAL HUTAGALUNG. *Mass Movement Analysis on Granite Lithology Leato Area Gorontalo Province* (Supervised by Muhammad Ramli dan A. M. Imran)

The aims of the research are to analyze the characteristics of the rocks and its effect to the potential of mass movements in Leato Area in Gorontalo Province.

The data were obtained through field observation, i.e. geological observation and laboratory analysis. The data werw analyzed using morfologi parameter approach, lithology, structure geology, petrography analysis, and XRD-SEM.

The results of the research showed that the granite is located in the Gorontalo fault zone and has jointed with the strike direction is similar with the slope 60 - 80 degree. The density of joint reach 20 joint / meter that opened 1 – 3 cm. There is nothing minerals that found in the joint, so its make channel of water for entering into rocks that caused spheroidal weathering. Based on the result XRD analysis knowed that granite consist of clay that contains zeolite, albite, and potassium dioxide. The mass movement of granite in Leato triggered by water pressuring that entering into rock joints. Conclusions of the study indicate that the mass movement has controlled by structure geology on granite.

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR FOTO	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Kegunaan Penelitian	4
E. Lingkup Penelitian	4
F. Definisi dan Istilah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Gerakan Tanah	7
1. Faktor Penyebab Gerakan Tanah/Longsor	9
2. Faktor Pengontrol Gerakan Tanah	9

3. Faktor Pemicu Gerakan Tanah	12
4. Jenis-jenis Gerakan Tanah	16
B. Hubungan Struktur Geologi dengan Gerakan Tanah	19
C. Hubungan Rembesan Air dengan Gerakan Tanah	23
D. Hubungan Litologi dengan Gerakan Tanah	24
E. Kerangka Pemikiran	26
F. Hipotesis	27
BAB II METODE PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian	29
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	29
C. Bahan dan Peralatan Penelitian	30
D. Kegiatan Tahapan penelitian	31
1. Tahap Awal, Studi Pustaka	31
2. Tahap Kedua, Kegiatan Lapangan	32
3. Tahap Ketiga, Analisis Laboratorium	33
4. Tahap Keempat, Penyusunan Tesis	33
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Geologi Daerah Penelitian	35
1. Geomorfologi Daerah Penelitian	37
a. Satuan Morfologi Perbukitan Tersayat	37
b. Satuan Morfologi Pedataran	40
2. Stratigrafi Daerah Gorontalo	41
a. Satuan Granit	41

b. Satuan Breksi Vulkanik	42
c. Satuan Batugamping Terumbu	42
3. Geologi Struktur	43
a. Struktur Kekar	43
b. Struktur Lipatan	44
c. Struktur Sesar	44
B. Hasil Penelitian	45
1. Faktor Pengontrol Gerakan Tanah	46
a. Litologi	46
b. Morfologi	47
c. Struktur Geologi	48
2. Analisa Laboratorium	53
C. Pembahasan	55
BAB VI. KESIMPULAN & SARAN	60
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

nomor	halaman
2.1 Klasifikasi kualitas batuan berdasarkan nilai RQD (Bieniawski, 1973 dalam Zakaria, 2009)	12
2.2 Indeks Potensi Swelling didasarkan pada kelimpahan mineral (Kariuki dan van der Meer, 2004 dalam Warmada, 2011)	26
5.1 Data kekar pada Daerah Leato	49
5.2 Frekuensi Kekar daerah Leato	50
5.3 Hubungan skala kekuatan batuan dengan spasi kekar (Ritter 1986)	52
5.4 Hasil analisa XRD pada granit yang telah mengalami pelapukan (Nomor sampel GR/RN/18).	54
5.5 Hasil analisa XRD pada granit yang tidak mengalami pelapukan (Nomor sampel GR/RN/002).	55

DAFTAR GAMBAR

nomor	halaman
2.1 Gerakan tanah berupa runtuh atau robohan (Vernes, 1978)	16
2.2 Gerakan tanah berupa aliran tanah dan batu (Vernes, 1978)	18
2.3 Kerangka pemikiran	27
3.1 Peta tunjuk lokasi penelitian	30
3.2 Diagram alir sistematika penelitian	34
4.1 Kolom stratigrafi daerah penelitian	42
5.1 Diagram kipas pada litologi granit	50

DAFTAR FOTO

nomor	halaman
4.2 Kenampakan morfologi terjal difoto dari laut daerah Leato	38
4.3 Kekar terbuka pada batuan granit di daerah pelabuhan Gorontalo	43
4.4 Singkapan granit mengalami hancur di daerah pelabuhan Gorontalo	44
4.5 Hancuran batuan breksi vulkanik di daerah Leato selatan	45
4.6 Singkapan batuan granit pada lokasi penelitian	47
4.7 Lereng terjal dengan kemiringan 60 – 70 derajat	48
4.8 Struktur kekar terbuka pada batuan granit di daerah pelabuhan Gorontalo	53
4.9 Hasil SEM pada granit yang telah mengalami pelapukan (nomor sampel GR/RN/18).	54
4.10 Hasil SEM pada granit yang telah mengalami pelapukan (nomor sampel GR/RN/18).	55
4.11 Kenampakan spheroidal weathering akibat pelapukan fisik dan kimiawi di jalan pelabuhan Gorontalo	57
4.12 Gerakan tanah yang setiap saat bisa jatuh dan mengganggu pemakaian jalan dan pelabuhan	58

DAFTAR LAMPIRAN

1. Analisa Petrografi
2. Analisa XRD dan SEM
3. Peta Stasiun Pengamatan
4. Peta Geologi
5. Peta Kelerengan
6. Peta Geomorfologi

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Gerakan tanah merupakan salah satu jenis bencana alam yang sering terjadi di Indonesia, terutama selama musim hujan. Bencana ini tidak hanya menyebabkan kerugian secara materil namun juga dapat menimbulkan korban jiwa. Peristiwa yang telah banyak merenggut korban jiwa dan merusak berbagai infrastruktur ini telah terekam sebagai salah satu jenis bencana yang cukup penting untuk diwaspadai.

Gerakan tanah (*mass movement*) secara umum dapat didefinisikan sebagai proses pergerakan material yang besar dari satu tempat ke tempat lain yang lebih rendah akibat pengaruh gravitasi baik secara cepat maupun lambat (Zuidam, 1986). Vernes (1978) mengemukakan bahwa gerakan tanah atau longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng, dapat berupa batuan asli, tanah pelapukan, bahan timbunan atau kombinasi dari material-material tersebut yang bergerak ke arah bawah atau ke luar lereng.

Tingginya frekuensi gerakan tanah di Indonesia sangat berhubungan erat dengan faktor alamiah penyebab dari gerakan tanah yang meliputi morfologi permukaan bumi, penggunaan lahan, litologi, struktur geologi, curah hujan, dan kegempaan (Kusumosubroto, 2013).

Selain faktor alamian, gerakan tanah juga disebabkan oleh faktor aktivitas manusia yang mempengaruhi bentang alam, seperti kegiatan pertanian, pembebanan lereng, pemotongan lereng, dan pembangunan (Karnawati, 2005).

Kondisi litologi yang tidak stabil merupakan salah satu pengontrol dari terjadinya gerakan tanah. Umumnya daerah dengan litologi berupa batuan sedimen memiliki potensi untuk mengalami gerakan tanah lebih tinggi dibandingkan dengan daerah yang memiliki litologi berupa batuan beku seperti granit yang cenderung kompak dan stabil. Selain berkaitan dengan jenis litologi, ketidakstabilan lereng juga dikontrol oleh tingkat kelerengan serta struktur geologi yang ada pada batuan.

Kota Gorontalo merupakan daerah yang memiliki kondisi geologi kompleks. Daerah ini pada awalnya merupakan kaldera gunung api purba yang aktif. Terhentinya aktivitas gunung api saat itu disebabkan oleh terbentuknya sesar aktif Gorontalo yang disertai dengan deformasi batuan dan sesar-sesar lokal (Katili, 1980). Terbentuknya sesar-sesar lokal di samping mempengaruhi *deformasi* batuan sehingga hancur, juga sesar-sesar ini membentuk alur-alur topografi yang terjal seperti halnya yang terdapat pada Daerah Leato, khususnya di sepanjang jalan raya poros Gorontalo-Kotamobagu.

Meskipun litologi pada daerah Leato adalah batuan granit yang cenderung kompak, pada musim penghujan daerah ini sering mengalami bencana gerakan tanah yang menyebabkan terputusnya jalur transportasi

antar provinsi. Berdasarkan hal tersebut maka penulis tertarik melakukan penelitian secara khusus terhadap gerakan tanah pada batuan granit di daerah Leato. Penelitian thesis ini diberi judul “**ANALISIS GERAKAN TANAH PADA BATUAN GRANIT DAERAH LEATO PROVINSI GORONTALO**”.

B. Rumusan Masalah

Bencana gerakan tanah seringkali mengakibatkan korban jiwa, kerugian material, kehancuran lahan, infrastruktur dan berdampak laju pertumbuhan daerah menjadi terhambat. Bencana gerakan tanah ini sering terjadi pada ruas-ruas jalan yang disebabkan oleh faktor geologi, morfologi, curah hujan, dan jumlah penduduk serta kegiatannya.

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah dengan mengungkap masalah yang menjadi penyebab timbulnya potensi bahaya gerakan tanah pada batuan granit di daerah Leato, yang terbagi dalam beberapa pertanyaan sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi geologi khususnya kondisi morfologi, litologi dan geologi struktur di daerah Leato?
2. Faktor apa saja yang menjadi penyebab terjadinya gerakan tanah?
3. Jenis gerakan tanah apa yang terjadi di daerah Leato?
4. Bagaimana kaitan antara karakteristik batuan granit dengan potensi terjadinya gerakan tanah ?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kondisi geologi khususnya kondisi morfologi, litologi dan geologi struktur di daerah Leato
2. Menentukan faktor pemicu dan faktor pengontrol yang menjadi penyebab terjadinya gerakan tanah
3. Melakukan identifikasi jenis gerakan tanah apa yang terjadi di daerah Leato
4. Menganalisa hubungan antara karakteristik batuan granit dan potensi terjadinya gerakan tanah

D. Kegunaan Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa berkembangnya ilmu geologi terutama pada upaya identifikasi penyebab bencana geologi khususnya gerakan tanah pada batuan granit. Hal ini perlu diperhatikan karena merupakan upaya dini dalam penanggulangan bencana alam agar semakin meminimalisir kerugian serta jumlah korban saat terjadinya bencana.

E. Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian meliputi pengamatan dan analisis data lapangan, serta analisis laboratorium. Pengamatan di lapangan meliputi aspek geologi, yaitu litologi, morfologi, dan struktur geologi. Pengolahan dan

analisis data, baik yang berasal dari lapangan maupun data sekunder lainnya, dilakukan untuk memperoleh gambaran mengenai kondisi geologi serta potensi terjadinya gerakan tanah

Penelitian ini dilakukan pada kajian hubungan antara kondisi geologi (litologi, morfologi dan struktur geologi), hasil analisis laboratorium terhadap batuan granit dan bagaimana pengaruhnya terhadap potensi terjadinya gerakan tanah. Analisis petrologi dilakukan dengan menggunakan analisis petrografi, analisis XRD (*X-Ray Diffraction*) dan analisis SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Untuk mempertajam hasil penelitian, dilakukan kajian pustaka terhadap hasil-hasil penelitian yang dilakukan oleh para peneliti terdahulu.

F. Definisi dan Istilah

1. Gerakan tanah (*mass movement*) secara umum dapat didefinisikan sebagai proses pergerakan material yang besar dari satu tempat ke tempat lain yang lebih rendah akibat pengaruh gravitasi baik cepat maupun lambat (Sharpe, 1938 dalam Zuidam, 1986).
2. Gerakan tanah atau longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng yang dapat berupa batuan asli, tanah pelapukan, bahan timbunan atau kombinasi dari material-material tersebut yang bergerak ke arah bawah atau ke luar lereng (Vernes, 1978).
3. Tanah longsor adalah gerakan menurun atau keluar lereng oleh massa tanah atau batuan penyusun lereng, ataupun percampuran keduanya

sebagai bahan rombakan akibat dari terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut (Karnawati, 2005).

4. Gerakan tanah adalah gerakan perpindahan atau gerakan lereng dari bagian atas atau perpindahan massa tanah maupun batu pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula (Vernes, 1978)
5. Analisa *XRD (X-Ray Diffraction)* adalah teknik analisa untuk mengetahui mineral apa saja yang terkandung dalam sebuah bahan, yang bekerja berdasarkan difraksi sinar X yang dihamburkan oleh sudut kristal material yang dianalisa.
6. Analisa SEM (*Scanning Electron Microscopy*) adalah analisa untuk mengetahui kandungan apa saja yang terdapat dalam sebuah bahan dengan menggunakan perbesaran bayangan benda hingga 100.000 kali.
7. Pelapukan adalah proses penghancuran batuan menjadi bahan rombakan (*debris*) dan tanah (Zuidam, 1979)
8. Struktur sesar adalah suatu bidang rekahan atau zona rekahan yang mengalami pergeseran (Ragan, 1976)
9. Kekar adalah struktur rekahan yang terbentuk pada batuan dengan tidak atau sedikit sekali mengalami pergeseran (Billings, 1968)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Gerakan Tanah

Gerakan tanah (*mass movement*) erat kaitannya dengan proses-proses yang terjadi secara alamiah pada suatu bentang alam dimana bentang alam merupakan suatu bentukan alam pada permukaan bumi, misalnya berupa bukit, perbukitan, gunung, pegunungan, dataran dan cekungan (Thornbury, 1969).

Bentang alam memiliki sifat dinamik karena selalu mengalami perubahan. Perubahan tersebut merupakan suatu proses yang berlangsung relatif lambat (*evolusif*), akibat interaksi antara permukaan bumi dengan proses-proses asal luar bumi (proses *eksogenik*) dan asal dalam bumi (proses *endogenik*). Kejadian gerakan massa atau longsorannya umumnya lebih erat kaitannya dengan proses asal luar bumi, meskipun dalam kondisi khusus gerakan massa atau longsorannya dapat dipicu oleh proses dari dalam bumi, misalnya oleh gempa bumi. Proses eksogenik terutama dikontrol oleh iklim, yaitu temperatur dan hujan. Menurut Karnawati (2005), proses eksogenik ini meliputi beberapa proses sebagai berikut:

- Pelapukan batuan yang akhirnya menghasilkan tanah.
- Erosi atau pengikisan tanah.

- Pergerakan atau transportasi (pengangkutan) hasil pelapukan batuan atau tanah penyusun dan penutup lereng ke arah bawah atau keluar lereng.
- Sedimentasi (pengendapan) material batuan/tanah yang tertransport dan kemudian mengalami pengendapan / sedimentasi.

Ditinjau dari mekanisme terjadinya, gerakan massa tanah dibedakan dengan erosi tanah. Erosi tanah lebih dikontrol oleh proses pengikisan (pelepasan dan pengangkutan butir-butir tanah) pada permukaan lereng oleh media gerak, misalnya oleh air ataupun angin. Sebaliknya, gerakan massa tanah/batuan atau longsor terjadi akibat dari terganggunya kestabilan di dalam massa tanah/batuan pada lereng. Tanah longsor ini tidak secara langsung dipengaruhi oleh media gerak seperti air dan angin, namun dikontrol oleh gravitasi bumi.

Menurut Karnawati (2005) gerakan tanah adalah gerakan menuruni atau keluar lereng oleh massa tanah atau batuan penyusun lereng, atau percampuran keduanya sebagai bahan rombakan, akibat dari terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut.

Gerakan tanah merupakan akibat dari terganggunya proses keseimbangan (kestabilan lereng) yang menyebabkan Bergeraknya masa tanah dan batuan dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Pergerakan ini terjadi karena adanya faktor gaya yang terletak pada bidang tanah yang tidak rata atau disebut dengan lereng. Selanjutnya, gaya yang menahan massa tanah disepanjang lereng tersebut dipengaruhi oleh

kedudukan muka air tanah, sifat fisik tanah, dan sudut dalam tahanan geser tanah yang bekerja disepanjang bidang seluncuran. Menurut Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (2005) menyatakan bahwa tanah longsor boleh disebut juga 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 secara umum dapat didefinisikan sebagai proses pergerakan material yang besar dari satu tempat ke tempat lain yang lebih rendah akibat pengaruh gravitasi baik cepat maupun lambat (Sharpe Zuidam, 1986).

1. Faktor Penyebab Gerakan Tanah/ Longsoran

Karnawati (2005) menjelaskan bahwa terjadinya longsor karena adanya faktor-faktor pengontrol gerakan di antaranya geomorfologi, geologi, geohidrologi, dan tata guna lahan, serta adanya proses-proses pemicu gerakan seperti infiltrasi air ke dalam lereng, getaran, dan aktivitas manusia.

2. Faktor Pengontrol Gerakan Tanah

a) Kelerengan (*slope*)

Lereng adalah kenampakan permukaan mendatar yang mempunyai beda tinggi. Bentuk lereng tergantung pada beberapa proses yaitu : proses erosi, gerakan tanah dan pelapukan.

Kelerengan 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.

Ada dua hal yang mempengaruhi terbentuknya lereng, yaitu :

1. Faktor yang bersifat aktif, antara lain :
 - Berkurangnya daya tahan suatu lereng terhadap adanya erosi,
 - Adanya pembebanan, misalnya oleh air hujan dan bangunan, sehingga bobot dari massa batuan atau tanah menjadi lebih besar,
 - Aktivitas manusia dan hewan.
2. Faktor-faktor yang bersifat pasif, antara lain : pengaruh iklim, keadaan litologi, keadaan stratigrafi, keadaan struktur geologi, dan keadaan vegetasi.

b) Kondisi Geologi

Faktor geologi yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah adalah struktur geologi, sifat batuan, dan hilangnya perekat tanah karena proses alami (pelarutan). Struktur geologi yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah yaitu kontak batuan dasar dengan pelapukan batuan, retakan/rekahan, perlapisan batuan, dan patahan. Zona patahan

merupakan zona lemah yang mengakibatkan kekuatan batuan berkurang sehingga menimbulkan banyak retakan yang memudahkan air meresap.

Batuan endapan gunung api dan batuan sedimen berukuran pasir, campuran antara kerikil, pasir, dan lempung umumnya kurang kuat. Batuan tersebut akan mudah menjadi tanah bila mengalami proses pelapukan dan umumnya rentan terhadap tanah longsor bila terdapat pada lereng yang terjal.

Dalam mempelajari aspek kekuatan batuan dikenal istilah. RQD (*rock quality designation*) yaitu suatu penandaan atau penilaian kualitas batuan berdasarkan kerapatan kekar. RQD penting untuk digunakan dalam pembobotan massa batuan (*Rock Mass Rating, RMR*) dan pembobotan massa lereng (*Slope Mass Rating, SMR*). Perhitungan RQD biasa didapat dari perhitungan langsung dari singkapan batuan yang mengalami retakan-retakan (baik lapisan batuan maupun kekar atau sesar) berdasarkan rumus Hudson sebagai berikut:

$$\mathbf{RQD = 100 (0.1 / + 1) e^{-0.1 /}}$$

(*l*) adalah rasio antara jumlah kekar dengan panjang *scan-line* (kekar/meter). Makin besar nilai RQD, maka frekuensi retakannya kecil. Frekuensi retakannya makin banyak, nilai RQD makin kecil.

Dalam menentukan kualitas batuan dapat di klasifikasikan berdasarkan nilai prosentase dari hasil perhitungan nilai RQD seperti pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2. 1. Klasifikasi kualitas batuan berdasarkan nilai RQD
(Bieniawski, 1973 dalam Zakaria, 2009)

RQD %	Kualitas
0-20%	Sangat buruk
21-40%	Buruk
41-60%	Sedang
61-80%	Baik
81-100%	Sangat Baik

c) Tata Guna Lahan

Tanah longsor banyak terjadi di daerah tata guna lahan perkebunan, pemukiman, dan pertanian yang berada pada lokasi lereng yang terjal. Pada lahan persawahan akarnya kurang kuat untuk mengikat butir tanah dan membuat tanah menjadi lembek dan jenuh dengan air sehingga mudah terjadi longsor. Sedangkan untuk daerah perkebunan penyebabnya adalah karena akar pohonnya tidak dapat menembus bidang longsor yang dalam dan umumnya terjadi di daerah longsor lama.

3. Faktor Pemicu Gerakan Tanah

Gangguan yang merupakan pemicu tanah longsor merupakan proses alamiah atau tidak alamiah ataupun kombinasi keduanya, yang secara aktif mempercepat proses hilangnya kestabilan pada suatu lereng. Jadi pemicu ini dapat berperan dalam mempercepat peningkatan gaya penggerak/peluncur/*driving force*, mempercepat pengurangan gaya penahan gerakan/*resisting force*, ataupun sekaligus mengakibatkan keduanya. Secara umum gangguan yang memicu tanah longsor adalah:

a. Hujan

Satu faktor penyebab terjadinya bencana tanah longsor adalah air hujan. Air hujan yang telah meresap ke dalam tanah lempung pada lereng akan tertahan oleh batuan yang lebih kompak dan lebih kedap air. Derasnya hujan mengakibatkan air yang tertahan semakin meningkatkan debit dan volumenya, akibatnya air dalam lereng ini semakin menekan butiran-butiran tanah dan mendorong tanah lempung pasiran untuk bergerak longsor. Batuan yang kompak dan kedap air berperan sebagai penahan air dan sekaligus sebagai bidang gelincir longsoran, sedangkan air berperan sebagai penggerak massa tanah yang tergelincir di atas batuan kompak tersebut. Semakin curam kemiringan lereng maka kecepatan penggelinciran juga semakin cepat. Semakin gembur tumpukan tanah lempung maka semakin mudah tanah tersebut meloloskan air dan semakin cepat air meresap ke dalam tanah. Semakin tebal tumpukan tanah, maka semakin besar juga volume massa tanah yang longsor. Tanah yang longsor dengan cara demikian umumnya dapat berubah menjadi aliran lumpur yang pada saat longsor sering menimbulkan suara gemuruh. Hujan dapat memicu tanah longsor melalui penambahan beban lereng dan menurunkan kuat geser tanah.

Hujan pemicu gerakan tanah adalah hujan yang mempunyai curah tertentu dan berlangsung selama periode waktu tertentu, sehingga air yang di curahkannya dapat meresap ke dalam lereng dan mendorong massa tanah untuk longsor.

Secara umum terdapat dua tipe hujan pemicu longsor di Indonesia, yaitu tipe hujan deras dan tipe hujan normal tapi berlangsung lama. Tipe hujan deras misalnya adalah hujan yang dapat mencapai 70 mm per jam atau lebih dari 100 mm per hari. Tipe hujan deras hanya akan efektif memicu longsor pada lereng-lereng yang tanahnya mudah menyerap air misal pada tanah lempung pasiran dan tanah pasir.

b. Getaran

Getaran memicu longsor dengan cara melemahkan atau memutuskan hubungan antar butir partikel-partikel penyusun tanah/ batuan pada lereng. Jadi getaran berperan dalam menambah gaya penggerak dan sekaligus mengurangi gaya penahan. Contoh getaran yang memicu longsor adalah getaran gempa bumi yang diikuti dengan peristiwa *liquefaction*. *Liquefaction* terjadi apabila pada lapisan pasir atau lempung jenuh air terjadi getaran yang periodik. Pengaruh getaran tersebut akan menyebabkan butiran-butiran pada lapisan akan saling menekan dan kandungan airnya akan mempunyai tekanan yang besar terhadap lapisan di atasnya. Akibat peristiwa tersebut lapisan di atasnya akan seperti mengambang, dan dengan adanya getaran tersebut dapat mengakibatkan perpindahan massa di atasnya dengan cepat.

c. Aktivitas manusia

Menurut Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (2005), tanah longsor dapat terjadi karena ulah manusia sebagai pemicu terjadinya tanah longsor, seperti:

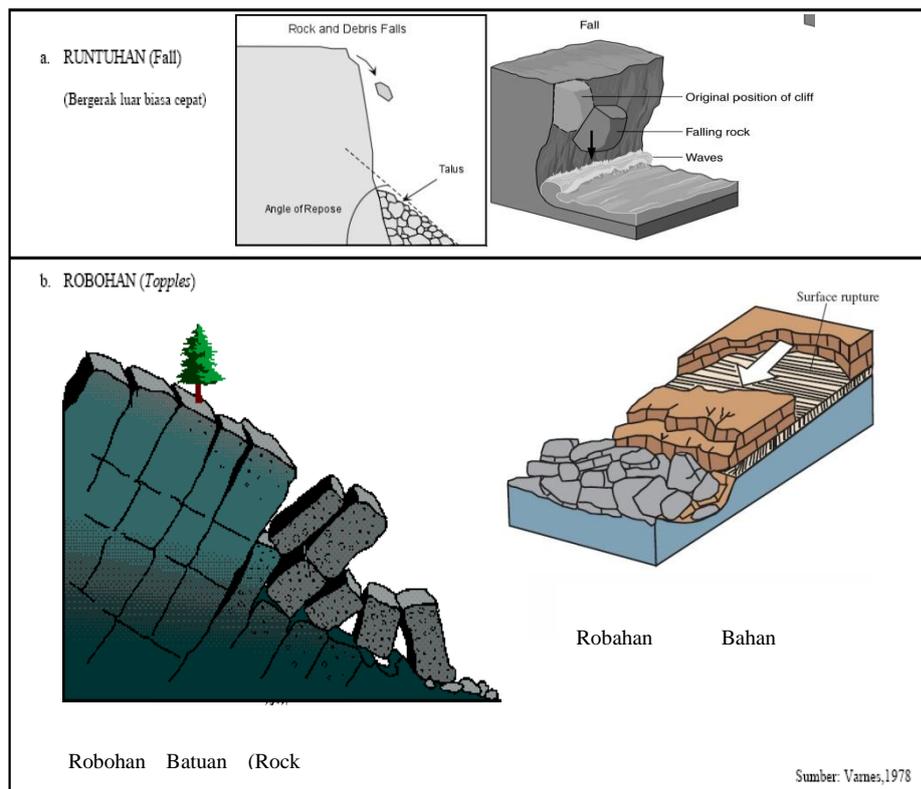
- a) Pemotongan tebing pada penambangan batu di lereng yang terjal.
- b) Penimbunan tanah urugan di daerah lereng.
- c) Kegagalan struktur dinding penahan tanah.
- d) Perubahan tata lahan seperti penggundulan hutan menjadi lahan basah yang menyebabkan terjadinya pengikisan oleh air permukaan dan menyebabkan 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
- h) Sistem drainase daerah lereng yang tidak baik yang menyebabkan lereng semakin terjal akibat penggerusan oleh air saluran di tebing
- i) Adanya retakan akibat getaran mesin, ledakan, beban massa yang bertambah karena dipicu beban kendaraan, bangunan dekat tebing, tanah kurang padat karena material urugan atau material longsor lama pada tebing
- j) Terjadinya bocoran air saluran dan luapan air saluran.

Peningkatan kegemburan tanah ini akan menambah daya resap tanah terhadap air, akan tetapi air yang meresap ke dalam tanah tidak dapat banyak terserap oleh akar-akar tanaman serabut. Akibatnya air hanya terakumulasi dalam tanah dan akhirnya menekan dan melemahkan ikatan-ikatan antar butir tanah. Karena besarnya curah hujan yang meresap, maka longsor tanah akan terjadi.

4. Jenis-jenis Gerakan Tanah

Beberapa klasifikasi tanah longsor telah dipublikasikan sesuai dengan tujuan klasifikasi tersebut. Salah satu yang sering digunakan adalah pengelompokan menurut mekanisme pergerakannya dan tipe material yang bergerak (Vernes, 1978), yaitu ;

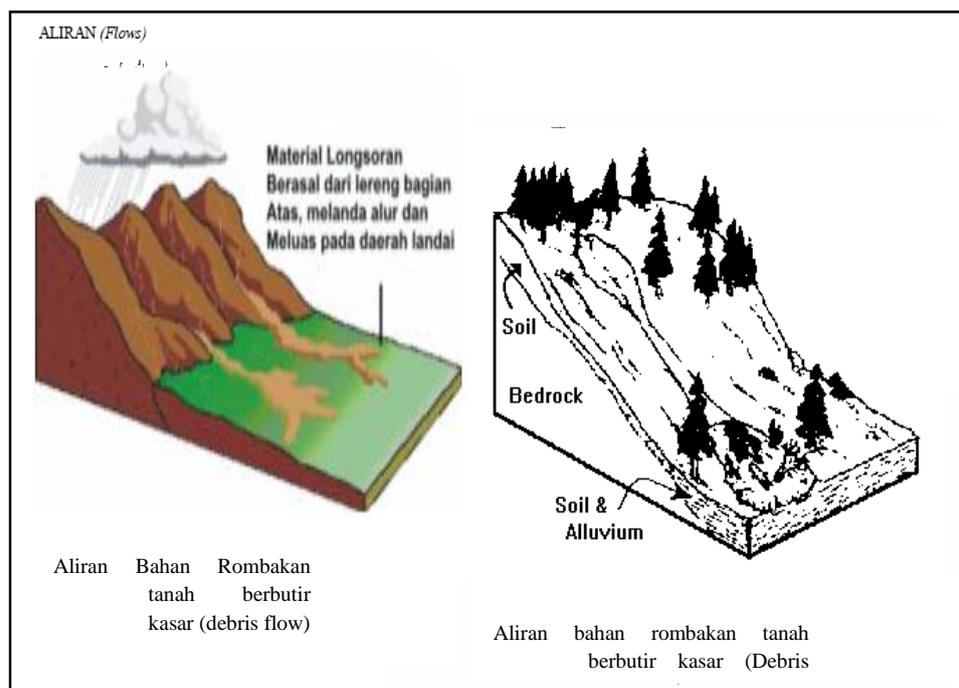
1. Runtuhan (*fall*), adalah massa batuan/tanah yang bergerak dengan sedikit atau tanpa pergeseran antar material, lebih banyak melalui udara, jatuh bebas, meloncat atau menggelinding. Umumnya terjadi pada lereng sangat terjal sampai tegak, hingga menggantung (Gambar 2.1).



Gambar 2.1. Gerakan tanah berupa Runtuhan atau robohan , (Vernes,1978)

2. Robohan (*topples*), adalah massa batuan/tanah yang bergerak dengan sedikit atau tanpa pergeseran antar material, lebih banyak melalui udara, jatuh bebas, meloncat atau menggelinding di bawah pengaruh momen putar dengan letak titik poros putar di bawah titik pusat gravitasi massa. Terjadi pada lereng sangat terjal sampai tegak, mempunyai bidang-bidang diskontinuitas hampir tegak umumnya dipengaruhi oleh bidang longsorannya. Berdasarkan bidang gelincirnya robohan (*topples*) terbagi atas dua bagian yaitu :
 - Longsoran rotasi (*slumps*), adalah massa batuan/tanah yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk cekung ke atas di bawah pengaruh gaya momen putar yang titik poros putarnya terletak di atas titik pusat gravitasi massa. Umumnya diikuti oleh retakan dan pada bagian mahkota tanah longsor terbentuk gawir longsoran.
 - Longsoran translasi (*translational slide*), adalah masa batuan/tanah yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk hampir rata (*planar*) atau menggelombang landai. Gerakan dikontrol oleh bidang lemah berupa diskontinuitas
3. Pencaran/gerak lateral (*lateral spread*), adalah pergerakan massa tanah/batuan dengan perpindahan translasi pada kemiringan landai sampai datar. Pencaran lateral ini dapat berbentuk pencaran ke segala arah.
4. Aliran (*flow*), adalah suatu pergerakan material yang tidak terkonsolidasi yang pada umumnya membentuk aliran, baik cepat

atau lambat, basah atau kering (Vernes, 1978), dapat terjadi pada batuan tetapi lebih sering terjadi pada tanah. Aliran pada batuan biasanya luar biasa lambat dengan kecepatan relatif tetap dan dapat menghasilkan perlipatan, pelengkungan atau pembubungan akibat dari kondisi material yang bersifat plastis. Dapat bergerak perlahan, tetapi pada umumnya serentak/mendadak dengan kecepatan yang tinggi dalam bahasa asing “*debris avalanche*”, atau orang biasa menyebut banjir bandang (Gambar 2.2).



Gambar 2.2 Gerakan tanah berupa Aliran tanah dan batu (Vernes,1978)

5. Tanah Longsor kompleks (*complex*), adalah suatu pergerakan dari kombinasi masa batuan/tanah yang bergerak dengan mekanisme

dari dua atau lebih jenis tanah longsor pada satu bidang dalam suatu model tanah longsor.

B. Hubungan Struktur Geologi dengan Gerakan Tanah

Struktur geologi sangat erat kaitannya dengan pembentuk lereng karena merupakan salah satu faktor dominan dalam perilaku lereng. Sebagai contoh pada ketebalan dan kedudukan batuan memiliki relevansi langsung dalam ketidakstabilan di batuan sedimen. Struktur ini memainkan peran penting dalam proses pembangunan lereng, pembentukan lembah, *ridges*, *escarpments*, *transported soil*, endapan tallus, dan endapan aluvial. Dalam rangka memprediksi stabilitas lereng secara akurat sangat penting untuk mengenali daerah-daerah yang termasuk dalam zona lemah maupun zona kuat.

Retakan batuan sering menjadi saluran air masuk ke dalam lereng, semakin banyak air yang masuk melewati kekar, tekanan air juga akan semakin meningkat. Mengingat jalur tersebut merupakan bidang dengan kuat geser lemah, maka kenaikan tekanan air sangat mudah menggerakkan lereng melalui jalur tersebut.

Kekar (*joints*) adalah struktur rekahan yang terbentuk pada batuan dengan tidak atau sedikit sekali mengalami pergeseran (Billings, 1968). Kekar yang terbentuk dapat disebabkan oleh aktivitas tektonik maupun non tektonik. Kekar atau rekahan pada umumnya sangat sulit dibedakan jenisnya di lapangan. Banyak kekar terletak simetris terhadap gejala-gejala

struktural lainnya, misalnya terhadap lipatan dan sesar yang dijadikan alasan menunjukkan bahwa kekar-kekar ini secara genetis berkaitan dengan lipatan dan sesar tersebut (Billings, 1968).

Hal-hal yang diidentifikasi dalam pengamatan karakteristik kekar di lapangan meliputi pengukuran lebar bukaan kekar, jarak/spasi kekar, posisi kekar pada singkapan batuan, mengukur kedudukan kekar serta pengambilan data kekar dalam bentuk foto. Selanjutnya setelah data kekar tersebut diolah maka kekar-kekar tersebut dikelompokkan berdasarkan parameter tertentu untuk mengetahui jenis kekar yang berkembang pada daerah penelitian. Kriteria penentuan jenis kekar pada daerah penelitian umumnya berdasarkan bentuk dan genesanya.

Klasifikasi kekar berdasarkan bentuknya menurut Hodgson (Asikin, 1979) terdiri atas :

1. Kekar Sistematis yaitu kekar yang umumnya selalu dijumpai dalam bentuk berpasangan. Tiap pasangan ditandai oleh arahnya yang sejajar atau hampir sejajar jika dilihat dari kenampakan di atas permukaan.
2. Kekar Tak Sistematis yaitu kekar yang tidak teratur susunannya, biasanya tidak memotong kekar yang lainnya dan permukaannya selalu lengkung dan berakhir pada bidang perlapisan

Patahan atau sesar yang terjadi pada suatu lereng biasanya bersifat aktif sehingga sering terbentuk kembali, yang dapat berakibat terhadap aktifnya tanah longsor karena kehilangan kekuatan geser. Pengaruh sesar

pada daerah yang dilaluinya menyebabkan batuan yang dilaluinya mengalami penghancuran serta penggantian mineral asli penyusun batuan tersebut oleh material lempung, zeolit, dan silika atau kalsit, serta pengendapan mineral ini merupakan ciri adanya perubahan karakter dari batuan dekat zona-zona patahan yang berpengaruh terhadap stabilitas lereng.

Struktur sesar atau patahan dapat didefinisikan sebagai suatu bidang rekahan atau zona rekahan yang telah mengalami pergeseran (Ragan,1973). Pergeseran yang terjadi menyebabkan adanya perpindahan bagian-bagian dari blok-blok batuan yang berhadapan sepanjang bidang patahan tersebut.

Berdasarkan teori kekandasan batuan yang menyatakan bahwa batuan akan mencapai suatu fase dimana batuan ini akan patah atau mengalami pergeseran apabila batuan tersebut dikenai suatu gaya yang terus meningkat dan melebihi batas elastisitasnya (Asikin, 1979), maka dapat disimpulkan struktur sesar tersebut terbentuk akibat berlanjutnya gaya yang membentuk struktur geologi sebelumnya. Perlu diingat bahwa keberadaan sesar tidak dapat dijumpai secara langsung dilapangan sebab pada umumnya sesar terbentuk dalam skala yang cukup besar dan keberadaan sesar ini hanya dapat diketahui berdasarkan pengamatan terhadap beberapa gejala dan indikasi di lapangan yang mendukung keberadaan sesar tersebut.

Salah satu klasifikasi yang umum digunakan adalah berdasarkan pergeseran relatifnya (*relative movement*) dan jenis gaya yang disebabkan. Yang dikemukakan oleh Billings, 1968. Berdasarkan pergeseran relatif dan jenis gaya yang menyebabkannya struktur sesar terbagi atas tiga yaitu : sesar naik (*reverse fault*), sesar geser (*wrench fault or strike – slip faults*), sesar turun (*normal fault*).

Interpretasi keberadaan sesar dapat diketahui berdasarkan kenampakan secara langsung di lapangan yakni berupa gejala baik yang bersifat primer maupun sekunder, serta interpretasi pada peta topografi berdasarkan kenampakan morfologi serta pola kelurusan dan pergeseran topografi, pola kelurusan dan pembelokan sungai secara tiba-tiba serta perbandingan kerapatan kontur yang menyolok.

Gejala-gejala yang mengindikasikan keberadaan sesar yang dijumpai disuatu daerah antara lain berupa gawir-gawir sesar (*fault scraps*) atau bidang sesar, breksi sesar, perlapisan yang terganggu atau hancuran, pelurusan atau penjajaran mata air, penyimpangan yang mencolok (*offset*), pergeseran batas litologi atau hilangnya satuan batuan (*optisi* atau *omnisi*), kontak litologi yang berbeda umur dan genetiknya, adanya gejala struktur minor lainnya berupa kekar, sesar minor (*microfault*), cermin sesar (*slickenside*), gores garis pada bidang cermin sesar (*striation*), lipatan minor, dan sebagainya. Selain itu identifikasi struktur juga harus tetap mengacu terhadap setting tektonik regional di daerah penelitian.

C. Hubungan Rembesan Air dengan Gerakan Tanah

Kejadian tanah longsor di Indonesia umumnya terjadi pada musim penghujan, untuk ini bagaimana hubungan antara hujan dan terjadinya tanah longsor merupakan suatu gejala alam yang sifatnya dapat terjadi secara alamiah untuk mencapai suatu keseimbangan. Ketahanan batuan akan menurun tajam pada musim penghujan dan mengakibatkan lereng yang disusunnya menjadi labil dan mudah longsor. Peningkatan air pori akibat pembasahan atau peningkatan kadar air akan meningkatkan muka air tanah serta menurunkan ketahanan batuan/tanah yang bersangkutan disepanjang bidang gelincirnya.

Hujan sangat menentukan kestabilan lereng melalui menurunnya ketahanan geser tanah (t) yang jauh lebih besar daripada penurunan tekanan geser tanah (s), sehingga faktor keamanan lereng ($F = t/s$) menurun tajam dan menyebabkan lereng rawan longsor. Adanya air hujan yang masuk ke dalam tanah selain menyebabkan beban tanah menjadi besar oleh akumulasi air yang menggenang, juga mengurangi kuat geser tanah disekitar bidang gelincir potensial. Oleh karenanya stabilitas lereng sangat dipengaruhi oleh banyaknya air yang meresap/mengalir di dalam tanah.

Tegangan permukaan air menarik butiran-butiran material di sekitarnya sebagai daya tarik kapiler, sehingga memperbesar daya kohesi. Akan tetapi, bila melewati batas kejenuhannya, daya kohesi akan berkurang. Adapun pengaruh air pada tanah longsor adalah sebagai berikut

:

- Menambah beban.
- Memperkecil daya kohesi, akibat tekanan air dan dapat melarutkan perekat antar butiran pada material.
- Tekanan ke atas air tanah akan mengurangi gaya gesek.

D. Hubungan Litologi dengan Gerakan Tanah

Komposisi penyusun lereng sangat menentukan gerakan tanah, semakin kuat dan kompak suatu material penyusun lereng maka akan semakin kecil kemungkinan terjadinya gerakan tanah. Tanah-tanah residual hasil pelapukan yang berukuran lempung sampai pasir dan ketebalan kecil seringkali merupakan material yang rentan untuk bergerak. Tanah residual umumnya merupakan tanah yang bersifat lepas dan dapat menyimpan air. Akibatnya kekuatan gesernya relatif lemah, terlebih lagi bila air yang dikandung semakin jenuh dan menekan.

Mineral lempung bersifat ekspansif tersusun oleh alumunia hidrat. Bentuk dasarnya berupa *tetrahedral silika oksigen* (satu atom silika mengikat empat atom oksigen) dan *oktahedral alumunium hidrat* (satu atom alumunium mengikat enam ion hidrat). Bentuk-bentuk dasar berikatan satu sama lain membentuk lembaran (*sheet*). Karakteristik lempung yang terjadi ditentukan oleh susunan dan komposisi *tetrahedral silika* dan *oktahedral alumunia*. Berdasarkan susunan bentuk dasarnya dibedakan tiga jenis lempung yaitu: kelompok *kaolinite*, kelompok *montmorillonite* dan kelompok *illite*. Tanah lempung kelompok *montmorillonite* sangat sensitif terhadap air

permukaan. Lapisan *sheet* yang bermuatan negatif membutuhkan ion positif untuk menetralkannya.

Kenaikan volume akibat peristiwa *swelling* bergantung pada ion terhidrasi, kadar air dan jenis lempung. Semakin besar ion penetral, semakin besar pula kenaikan volume lempung. *Montmorillonite* merupakan kelompok lempung yang mudah *swelling*, sedangkan *kaolinite* yang paling sulit. Kemudahan *swelling* menurut kelompok lempung bersifat ekspansif adalah sebagai berikut: *montmorillite* > *illite* > *kaolinite*.

Batuan yang banyak mengandung lempung akan mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah. Pengurangan kadar air menyebabkan lempung menyusut, dan sebaliknya bila kadar air bertambah lempung mengembang. Derajat pengembangan tergantung beberapa faktor, seperti tipe dan jumlah mineral lempung yang ada dalam tanah, luas spesifik lempung, susunan tanah, konsentrasi garam dalam air pori, velensi kaiton sementasi, adanya bahan-bahan organik dan sebagainya. Perubahan volume tanah yang besar dapat memicu terjadinya gerakan tanah.

Kehadiran *smektit* pada zona lapuk dapat menjadi pemicu terjadinya longsoran. Hubungan antara jumlah total komposisi *smektit* pada bidang gelincir, kapasitas *swelling* (penambahan jumlah) mineral ini (Indeks Potensi *Swelling*), dan akumulasi curah hujan adalah parameter penting untuk memprediksi gerakan tanah (longsor). Penelitian ini juga diperjelas oleh Miyahara dkk (2004) dalam Warmada dkk (2011). Dalam penelitiannya

mereka mengemukakan bahwa pertumbuhan *smektit* pada kuarsa kehijauan berbutir halus menunjukkan adanya longsor. Penelitian oleh Katsuki dkk (2004) dalam Warmada dkk (2011) juga mengindikasikan bahwa bidang gelincir yang berada di dekat batas zona *smektit* dan zona percampuran mineral *smektit* dan *klorit*.

Tabel 2.2. Indeks Potensi Swelling didasarkan pada kelimpahan mineral (Kariuki dan van der Meer, 2004 dalam Warmada, 2011).

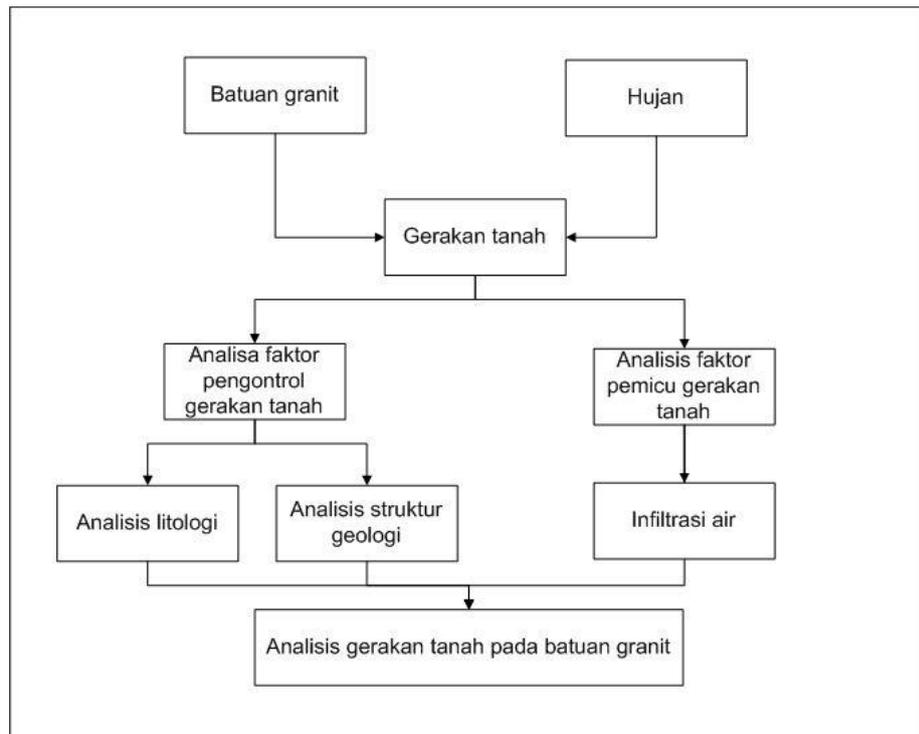
ESI-1	Tingkat	Mineralogi
< 1,15	Rendah	Kaolinit
1,15 – 2,15	Menengah	Illit
> 2,15	Tinggi	Smektit

Granit merupakan sumber terbesar penghasil kaolinite. Sifat dari kaolinite adalah tidak dapat mengabsorpsi air, kaolinite tidak dapat mengembang pada saat kontak dengan air. Sehingga pada daerah granit kecil kemungkinan dijumpai gerakan tanah yang dipicu oleh *swelling*.

E. Kerangka Pemikiran

Gerakan tanah merupakan proses geomorfologi yakni proses Bergeraknya tanah dan batuan menuruni lereng secara lambat hingga cepat oleh pengaruh langsung gravitasi. Ada dua faktor yang berperan dalam sebuah kejadian gerakan tanah, yaitu faktor pengontrol dan faktor pemicu. Faktor pengontrol yaitu berupa kondisi kelerengan, struktur geologi, kondisi batuan, dan tata guna lahan. Sedangkan yang menjadi pemicu dalam gerakan tanah yaitu infiltrasi air, getaran serta aktivitas

manusia. Kerangka pemikiran yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam diagram berikut :



Gambar 2.3. Kerangka Pemikiran

F. Hipotesis

Hipotesis di dalam penelitian ini adalah :

1. Faktor pengontrol utama terjadinya gerakan tanah pada batuan granit adalah karena adanya kekar-kekar yang memungkinkan terisi oleh air saat musim hujan serta menyebabkan batuan mengalami pelapukan
2. Kekar-kekar yang memiliki kerapatan tinggi, bukaan kekar besar, serta arah kekar yang searah dengan kelerengan akan mempermudah bongkah batuan jatuh ke lereng
3. Semakin tinggi curah hujan maka semakin banyak jumlah air yang masuk ke dalam rekahan dan semakin besar juga tekanan air yang menjadi pemicu gerakan tanah.