

LAMPIRAN L.1

**KLASIFIKASI DAN FAKTOR PENYEBAB
BENCANA LONGSOR**

L.1 KLASIFIKASI DAN FAKTOR PENYEBAB BENCANA LONGSOR

1. Klasifikasi

Dalam petunjuk ini gerakan tanah dikelompokkan menurut klasifikasi Highway Research Board 1958 dan 1978. Kriteria yang digunakan dalam pengelompokan ini pertama adalah tipe gerakan tanah dan kedua jenis materialnya. Tipe gerakan tanah dibagi menjadi lima kelompok utama yaitu : runtuh, jungkiran, longsor, penyebaran lateral dan aliran. Kelompok keenam adalah majemuk yaitu kombinasi dua atau lebih tipe gerakan tersebut di atas.

Material dibagi menjadi dua kelas yaitu batuan dan tanah. Tanah selanjutnya dibagi menurut ukuran butirannya yaitu bahan rombakan (tanah berbutir kasar) dan tanah berbutir halus.

Adapun keenam tipe gerakant tanah dapat diuraikan sebagai berikut :

1.1 Runtuhan

Runtuhan merupakan gerakan tanah yang disebabkan keruntuhan tarik yang diikuti dengan tipe gerakan jatuh bebas akibat gravitasi. Pada tipe runtuh ini massa tanah atau batuan lepas dari suatu lereng atau tebing curam dengan sedikit atau tanpa terjadi pergeseran (tanpa bidang longsor) kemudian meluncur sebagian besar di udara seperti jatuh bebas, loncat atau menggelundung. (Lihat Gambar L.1-1).

Runtuhan batuan adalah runtuh massa batuan yang lepas dari batuan induknya. Runtuhan bahan rombakan adalah runtuh yang terdiri dari fragmen-fragmen lepas sebelum runtuh.

Termasuk pada tipe runtuh ini adalah runtuh kerikil (ukuran kurang dari 20 mm), runtuh kerakal (ukuran dari 20 mm - 200 mm), dan runtuh bongkah (ukuran lebih dari 200 mm).

Runtuhan tanah dapat terjadi bila material yang di bawah lebih lemah (antara lain karena tererosi, penggalian) dari pada lapisan di atasnya. Runtuhan batuan dapat terjadi antara lain karena adanya perbedaan pelapukan, tekanan hidrostatik karena masuknya air ke dalam retakan, serta karena perlemahan akibat struktur geologi (antara lain kekar, sesar, perlapisan).

1.2 Jungkiran

Jungkiran adalah jenis gerakan memutar ke depan dari satu atau beberapa blok tanah/batuan terhadap titik pusat putaran di bawah massa batuan oleh gaya gravitasi dan atau gaya dorong dari massa batuan di belakangnya atau gaya yang ditimbulkan oleh tekanan air yang mengisi rekahan batuan (lihat Gambar L.1-2).

Jungkiran ini biasanya terjadi pada tebing-tebing yang curam dan tidak mempunyai bidang longsoran.

1.3 Longsoran

Longsoran adalah gerakan yang terdiri dari regangan geser dan perpindahan sepanjang bidang longsoran di mana massa berpindah melongsor dari tempat semula dan terpisah dari massa tanah yang mantap.

Dalam hal ini, keruntuhan geser tidak selalu terjadi secara serentak pada suatu bidang longsoran, tapi dapat berkembang dari keruntuhan geser setempat. Jenis longsoran dibedakan menurut bentuk bidang longsoran yaitu rotasi (nendatan) dan translasi, dan dapat dibagi lagi : (a) material yang bergerak relatif utuh dan terdiri dari satu atau beberapa blok dan (b) material yang bergerak dan sangat berubah bentuknya atau terdiri dari banyak blok yang berdiri sendiri. (Lihat Gambar L.1-3 dan L.1-4).

Longsoran rotasi adalah longsoran yang mempunyai bidang longsor berbentuk : setengah lingkaran, log spiral, hiperbola atau bentuk lengkung tidak teratur lainnya. Contoh yang paling umum dari tipe ini adalah nendatan yang sepanjang bidang longsoran yang berbentuk cekung ke atas. Retakan-retakannya berbentuk konsentris dan cekung ke arah gerakan dan dilihat dari atas berbentuk sendok. Rotasi bisa terjadi tunggal, ganda atau berantai. Untuk longsoran translasi massa yang longsor bergerak sepanjang permukaan yang datar atau agak bergelombang tanpa atau sedikit gerakan memutar/miring.

Longsoran translasi umumnya ditentukan oleh bidang lemah seperti sesar, kekar perlapisan dan adanya perbedaan kuat geser antar lapisan atau bidang kontak antara batuan dasar dengan bahan rombakan di atasnya.

Untuk translasi berantai gerakannya menjalar secara bertahap, ke atas lereng akibat tanah di belakang gawak sedikit demi sedikit diperlemah oleh air yang mengisi retakan-retakan.

1.4 Penyebaran Lateral

Penyebaran lateral adalah gerakan menyebar ke arah lateral yang ditimbulkan oleh retak geser atau retak tarik. Tipe gerakan ini dapat terjadi pada batuan ataupun tanah (lihat Gambar L.1-5).

Penyebaran lateral dapat dibedakan dalam dua tipe yaitu :

- a. Gerakan yang menghasilkan sebaran yang menyeluruh dengan bidang geser atau zona aliran plastis yang sulit dikenali dengan baik. Gerakan ini banyak terjadi pada batuan dasar, terutama yang terletak pada puncak tebing (lihat Gambar L.1-6.1).
- b. Gerakan yang mencakup retakan dan penyebaran material yang relatif utuh (batuan dasar atau tanah), akibat pencairan (liquefaction) atau alirannya plastis material di bawahnya. Blok di atasnya dapat ambles, melonggok, memutar, hancur dan mengalir. Mekanisme gerakan ini tidak saja rotasi dan translasi tetapi juga aliran. Karena itu penyebaran lateral ini dapat bersifat majemuk (lihat gambar L.1-6.2).

1.5 Aliran

Aliran adalah jenis gerakan tanah di mana kuat geser tanah kecil sekali atau boleh dikatakan tidak ada, dan material yang bergerak berupa material kental. Termasuk dalam tipe ini adalah gerakan yang lambat, berupa rayapan pada massa tanah plastis yang menimbulkan retakan tarik tanpa bidang longsoran.

Rayapan di sini dianggap sama dengan arti rayapan pada mekanika bahan yaitu deformasi yang terjadi terus menerus di bawah tegangan yang konstan. Pada material yang tidak terkonsolidasi, gerakan ini umumnya berbentuk aliran, baik cepat atau lambat, kering atau basah. Aliran pada batuan sangat sulit dikenali karena gerakannya sangat lambat dengan retakan-retakan yang rapat dan tidak saling berhubungan yang menimbulkan lipatan, lenturan atau tonjolan. Aliran dapat dibedakan dalam dua tipe menurut materialnya yaitu aliran tanah (termasuk bahan rombakan) dan aliran batuan (lihat Gambar L.1-7).

1.6 Majemuk

Majemuk merupakan gabungan dua atau lebih tipe gerakan tanah seperti diterangkan di atas (lihat Gambar L.1-8).

2. Pengenalan Ciri-Ciri Gerakan Tanah

Gerakan tanah untuk tipe runtuh, longsoran, dan aliran dapat dikenali secara visual di lapangan dengan memperhatikan ciri-ciri dari masing-masing tipe seperti yang tercantum dalam Tabel L1-1.

Setiap tipe gerakan tanah mempunyai mekanisme yang berbeda satu terhadap lainnya, sehingga setiap tipe gerakanpun menampilkan cirinya yang khusus.

Gerakan pada massa tanah menunjukkan ciri yang berbeda dengan gerakan massa batuan, walaupun tipe gerakannya sama, karena perbedaan sifat fisik dan

teknik antara massa tanah dan batuan. Oleh karena itu dalam mempelajari tipe gerakan pertama kali harus dikenali dahulu jenis materialnya, yaitu : tanah atau batuan.

Setelah mengenali betul jenis materialnya selanjutnya harus diamati secara teliti massa yang ber. gerak dan massa yang stabil di sekelilingnya. Setiap bagian dari kedua massa tersebut menampakkan ciri yang berbeda. Massa yang bergerak perlu diamati dan dicatat tentang segala kenampakan di bagian kepala, badan, kaki, dan ujung kaki; sedangkan massa yang stabil perlu diamati di bagian mahkota, gawir utama, dan sayapnya.

Dengan mengenali jenis material massa gerakan dan ciri-ciri yang nampak di setiap bagian tersebut di atas, maka dapatlah diperkirakan tipe gerakan tanah yang terjadi.

3. Faktor Penyebab

3.1 Penyebab Ditinjau Dari Peristiwa

Peristiwa yang dapat menyebabkan terjadinya gerakantah dibedakan menjadi gangguan luar dan gangguan dalam.

3.1.1 Gangguan Luar

- (1) Getaran yang ditimbulkan oleh antara lain: gempa bumi, peledakan, kereta api, dapat mengakibatkan gerakantah sebagai contoh : gempa bumi Tes di Sumatera Selatan pada tahun 1952 dan getaran yang ditimbulkan oleh kereta api Jakarta - Yogyakarta di dekat Purwokerto tahun 1947.
- (2) Pembebanan tambahan, terutama disebabkan oleh aktivitas manusia, misalnya adanya bangunan atau timbunan di atas tebing.
- (3) Hilangnya penahan lateral, dapat disebabkan antara lain oleh pengikisan (erosi sungai, pantai), aktivitas manusia (penggalian). Sebagai contoh : penggalian tras di tepi jalan Bandung - Lembang (Pasirjati), erosi sungai pada jalan Pacitan - Ponorogo, erosi pantai Bengkulu.
- (4) Hilangnya tumbuhan penutup, dapat menyebabkan timbulnya alur pada beberapa daerah tertentu. Erosi makin meningkat dan akhirnya terjadi gerakan tanah.

3.1.2 Gangguan Dalam

- (1) Hilangnya rentangan permukaan : selaput air yang terdapat diantara butir tanah memberikan tegangan tarik yang tidak kecil. Sebaliknya jika air merupakan lapisan tebal, maka akibatnya akan berlawanan. Karena itu makin banyak air masuk ke dalam tanah, parameter kuat gesernya makin berkurang.

- (2) Naiknya berat massa tanah batuan : masuknya air ke dalam tanah menyebabkan terisinya rongga antarbutir sehingga massa tanah bertambah.
- (3) Pelindian bahan perekat, air mampu melarutkan bahan pengikat butir yang membentuk batuan sedimen. Misalnya perekat dalam batu pasir yang dilarutkan air sehingga ikatannya hilang.
- (4) Naiknya muka air tanah : muka air dapat naik karena rembesan yang masuk pada pori antar butir tanah. Tekanan air pori naik sehingga kekuatan gesernya turun.
- (5) Pengembangan tanah : rembesan air dapat menyebabkan tanah mengembang terutama untuk tanah lempung tertentu, jika lempung semacam itu terdapat di bawah lapisan lain.
- (6) Surut cepat ; jika air dalam sungai atau waduk menurun terlalu cepat, maka muka air tanah tidak dapat mengikuti kecepatan menurunnya muka air.
- (7) Pencairan sendiri dapat terjadi pada beberapa jenis tanah yang jenuh air, seperti pasir halus lepas hila terkena getaran (dikarenakan gempa bumi, kereta api dan sebagainya).

3.2 Penyebab Ditinjau Dari Konsepsi Faktor Keamanan

Dengan dasar pemikiran bahwa faktor keamanan lereng terhadap longsor bergantung pada angka perbandingan antara kuat geser tanah (S) dan tegangan geser yang bekerja (t_m) yang dinyatakan dengan persamaan.

$$FK = S / t_m$$

Di mana:

- FK = faktor keamanan terhadap longsor
- = 1 kritis
- > 1 mantap/aman
- < 1 longsor
- S = kuat geser tanah
- t_m = tegangan geser yang bekerja.

Faktor pengaruh terhadap kemantapan lereng dibagi atas 2 (dua) kelompok utama, yaitu : gangguan luar dan gangguan dalam.

3.2.1 Gangguan Luar

Gangguan luar terjadi karena meningkatnya tegangan geser yang bekerja dalam tanah (T_m) sehingga $FK < 1$. Berdasarkan keadaan ini dapat diuraikan :

- (1) Tegangan horizontal (aw menurun - kondisi seperti ini terjadi hila kaki lereng tererosi oleh aliran air, akibat galian atau pembongkaran - tembok penahan. Gambar L.1-9 memperlihatkan secara terinci lereng tererosi, lereng galian dan tembok penahan dibongkar.

Pada keadaan semula tegangan yang bekerja pada elemen σ adalah sebesar σ_h dan $\sigma_h = K_0 V_0$ dengan $FK = q_1 / qf_1$. Setelah penggerusan, galian atau pembongkaran tembok penahan maka tegangan horisontal berubah. menjadi $\sigma_h - \Delta\sigma_h$, sedangkan $FK_2 = q_2 / qf_2$ yang lebih kecil dari FK . Ini berarti kemandapan akan terganggu, lihat Gambar L.1-10.

- (2) Tegangan vertikal meningkat; - kondisi ini terjadi bila air hujan tertahan di atas lereng, timbunan, bangunan dan lain-lain. Gambar L.1-11 memperlihatkan suatu lereng slam yang di atasnya ditimbun. Pada keadaan semula tegangan yang bekerja pada elemen A adalah σ_v dan $\sigma_h = K_0 \sigma_v$. Setelah penimbunan tegangan menjadi $\sigma_v + \Delta\sigma_v$ dan $\sigma_h + \Delta\sigma_h$. Bila perubahan ini digambarkan dengan "stress path" dari keadaan 3 sampai 4, maka terlihat bahwa $FK_3 = q_3 / qf_3$ lebih besar bila dibanding dengan $FK_4 = q_4 / qf_4$ yang menunjukkan bahwa faktor keamanan menurun setelah pembebanan.
- (3) Tekanan horisontal meningkat; kondisi ini terjadi karena adanya pengisian air pada retakan (Gambar L.1-12).
- (4) Tegangan siklik, kondisi ini terutama akibat gaya gempa dan gaya vibrasi ledakan mesiu. Pada keadaan gempa bumi, 2 (dua) buah gelombang naik dan 2 (dua) buah gelombang turun melewati permukaan tanah. Sebelum mencapai permukaan tanah, rambatan gelombang melewati berbagai lapisan sehingga menimbulkan perubahan pada sistem tegangan semula.

Kedua gelombang tersebut di atas adalah :

- "body waves" terdiri atas gelombang primer atau longitudinal (P-waves) dan gelombang transversal atau geser (S-waves).
- "Surface waves" terdiri atas gelombang "Rayleigh" dan "Love".

Gelombang yang sangat menentukan dalam kemandapan lereng adalah gelombang geser (S-waves) yang meningkatkan tegangan geser tanah secara acak, sehingga kemandapan lereng terganggu (Gambar L.1-13.a).

Bila perubahan tegangan digambarkan dengan lintasan tegangan (Gambar L.1-13.d) maka terlihat bahwa lintasannya bergerak ke kanan sehingga FK menurun tergantung dari waktu.

- (5) Gerakan tektonik; dapat mengubah keadaan geometri lereng. Pelandaian lereng berarti menambah kemandapan, dan sebaliknya penegakan lereng berarti mengurangi kemandapan.

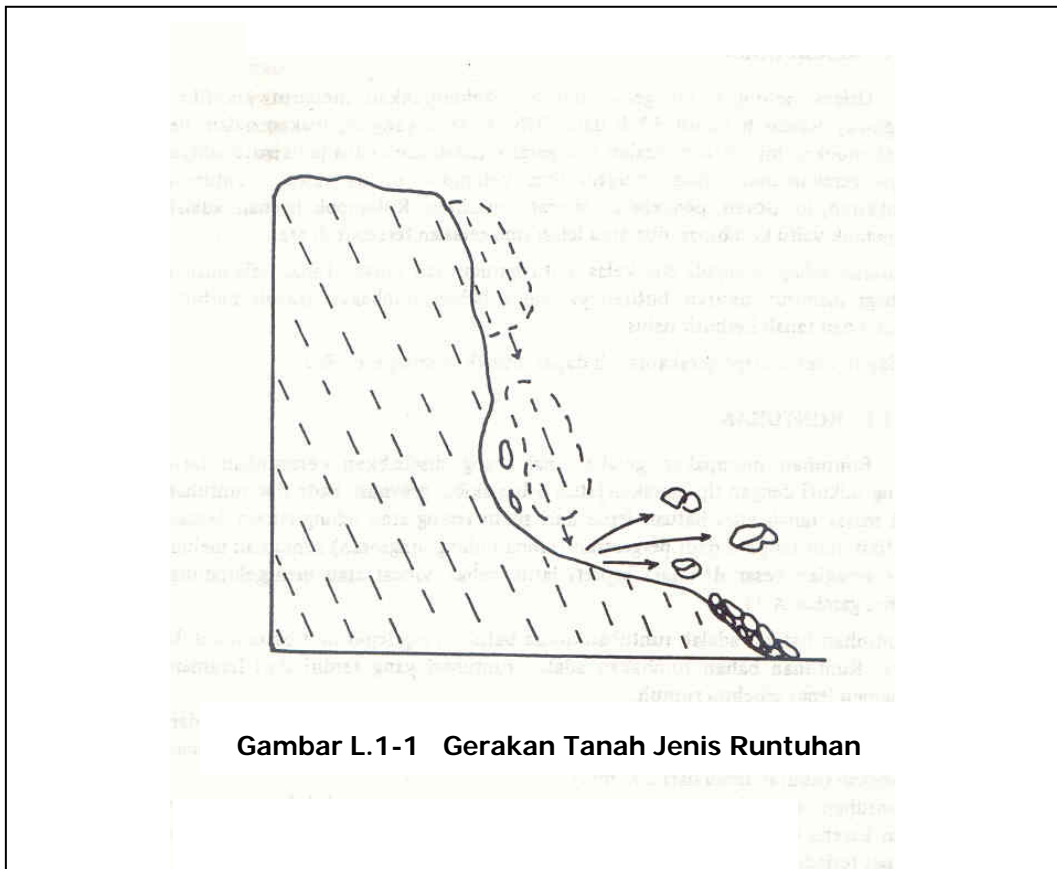
3.2.2 Gangguan Dalam

Faktor penyebab menurunnya kuat geser tanah (S):

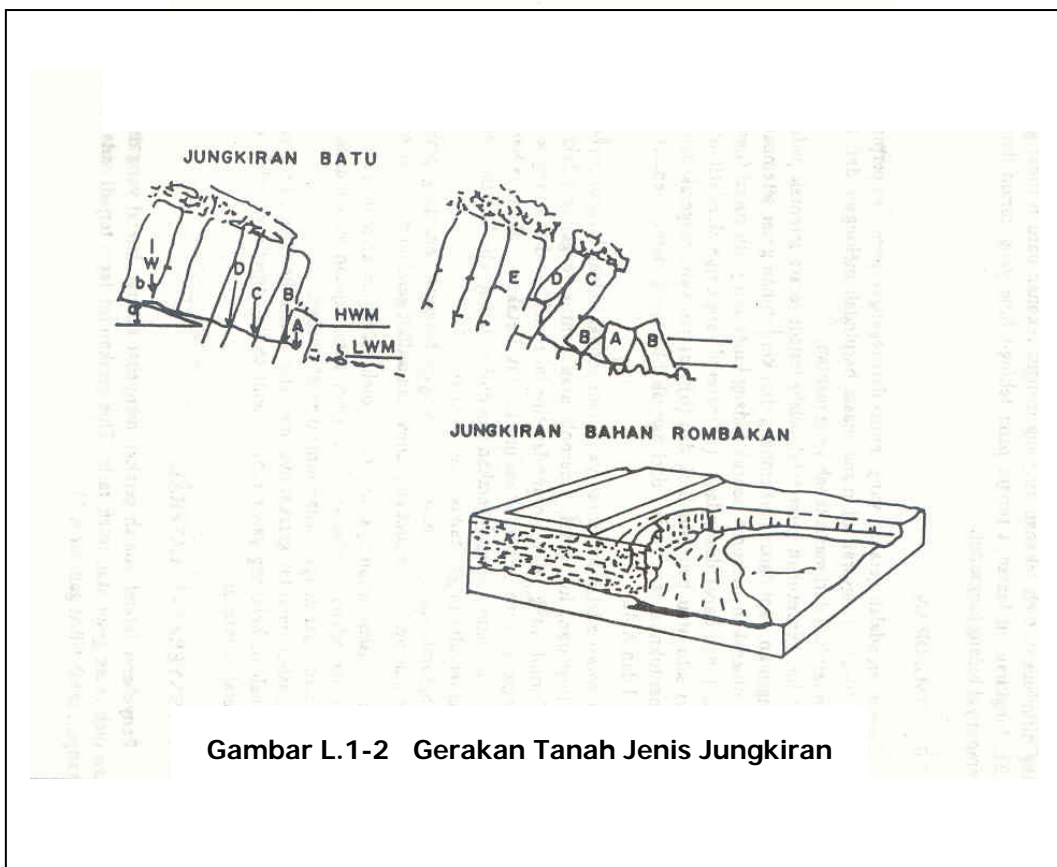
- (1) Sifat bawaan; meliputi komposisi, struktur geologi dan geometri lereng.
 - Komposisi, kondisi material dapat menjadi lemah (weak) pada peningkatan kadar air. Hal ini terjadi pada tanah lempung terkonsolidasi lebih (OC) dan terkonsolidasi sangat lebih (HOC) dan tanah lempung organik.

- Struktur geologi dan geometri lereng, dapat berupa bidang diskontinuitas (sesar, perlapisan, kekar, cermin sesar dan breksiasi), lapisan yang berada di atas tanah lempung yang lemah atau selang-seling antar lapisan lulus air pasir dan kedap air (lempung). Kedudukan lapisan miring ke arah lereng.
- (2) Reaksi kimia/fisika; antara lain berupa :
- Hidrasi dan mineral lempung seperti absorpsi air oleh mineral lempung sehingga kadar air meningkat. Hal ini biasanya diikuti dengan penurunan harga kohesi, contohnya lempung montmorillonit.
 - Penyusutan tanah lempung akibat pengeringan dapat menimbulkan retakan susut sehingga kuat geser tanah menurun dan memberi kesempatan air mengalir masuk ke dalamnya (Gambar L.1-14).
 - Erosi oleh air pada tanah lempung "dispersive" menyebabkan terbentuknya rongga yang menurunkan kuat geser tanah.
- (3) Perubahan tekanan air pori dan berat isi, antara lain berupa :
- Berat isi bertambah karena penjumlahan. Daya apung pada kondisi jenuh menurunkan tegangan efektif pada butir, sehingga kuat geser menurun (Gambar L.1-15).
 - Muka air tanah naik karena air hujan, kolam waduk dan lainnya (Gambar L.1-16).
- (4) Perubahan sistem pembebanan; antara lain karena tegangan tanah berkurang. Pada kondisi ini lapisan tanah lempung terkonsolidasi lebih dan terkonsolidasi sangat lebih yang sebelumnya telah dibebani lapisan di atasnya, kemudian lapisan alas tersebut digali (dibuang). Kemudian terjadi perubahan beban pada lapisan lempung yang menyebabkan berkurangnya kuat geser tanah.

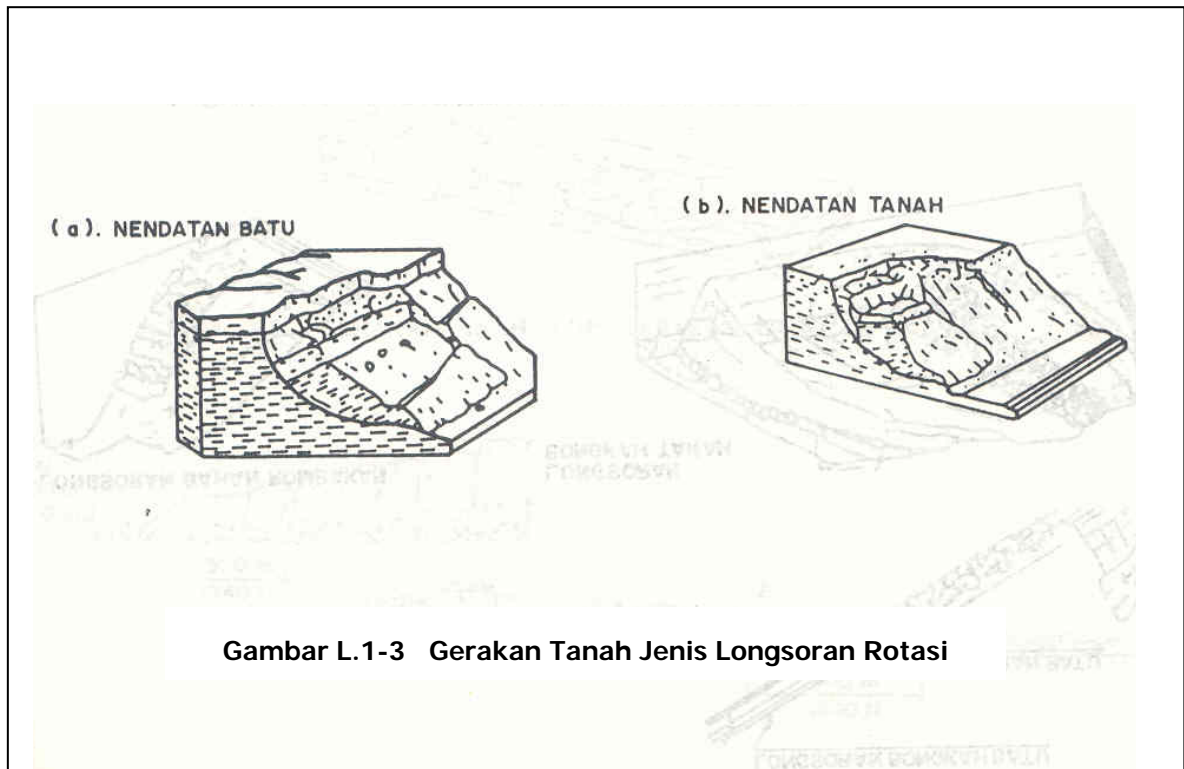
Sistematika penyebab gerak tanah/longsor ditinjau dari peristiwa maupun ditinjau dari konsepsi faktor keamanan dapat dilihat pada bagan Gambar L.1-17 dan L.1-18.



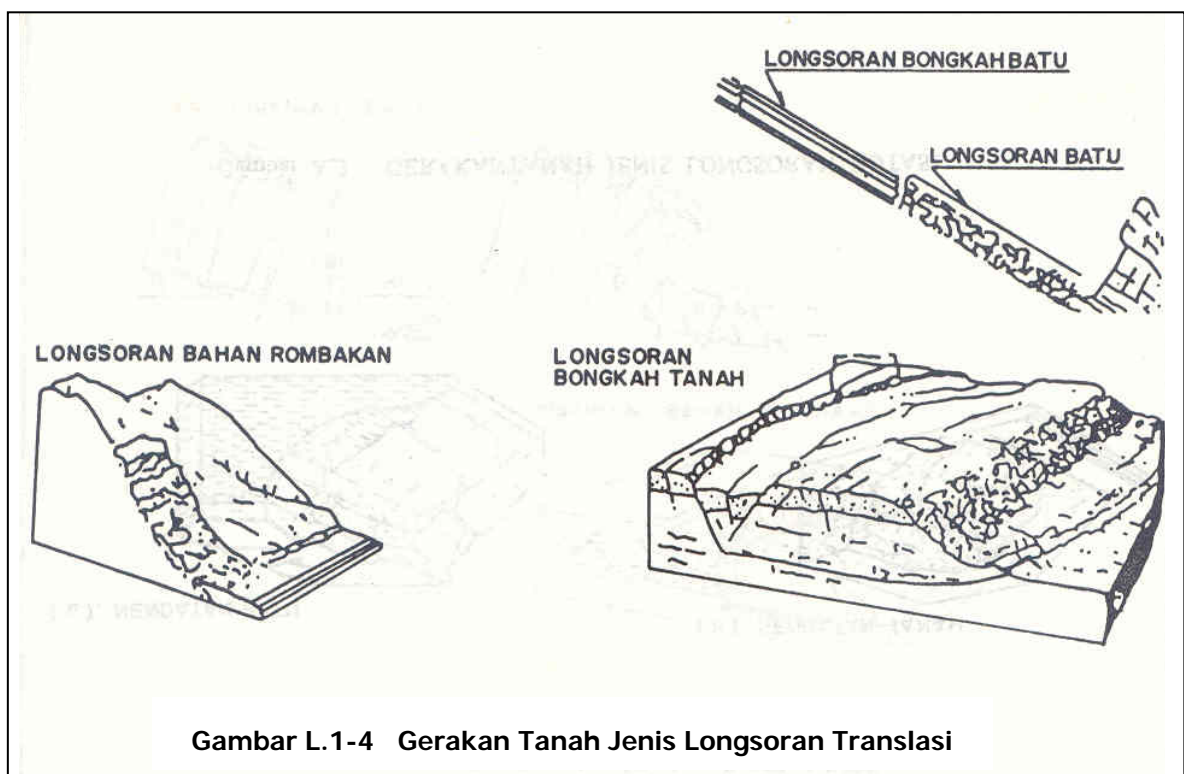
Gambar L.1-1 Gerakan Tanah Jenis Runtuhan



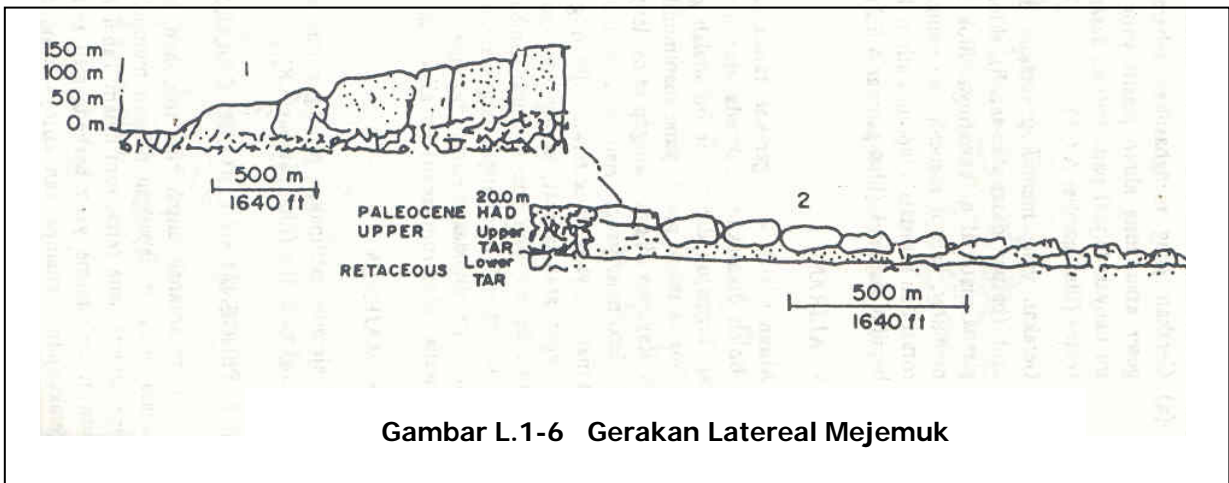
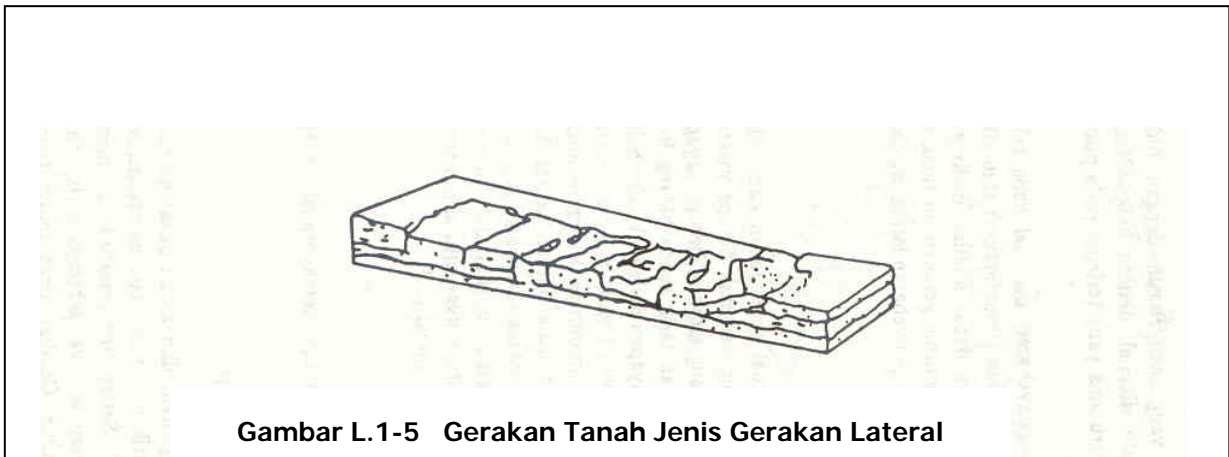
Gambar L.1-2 Gerakan Tanah Jenis Jungkiran

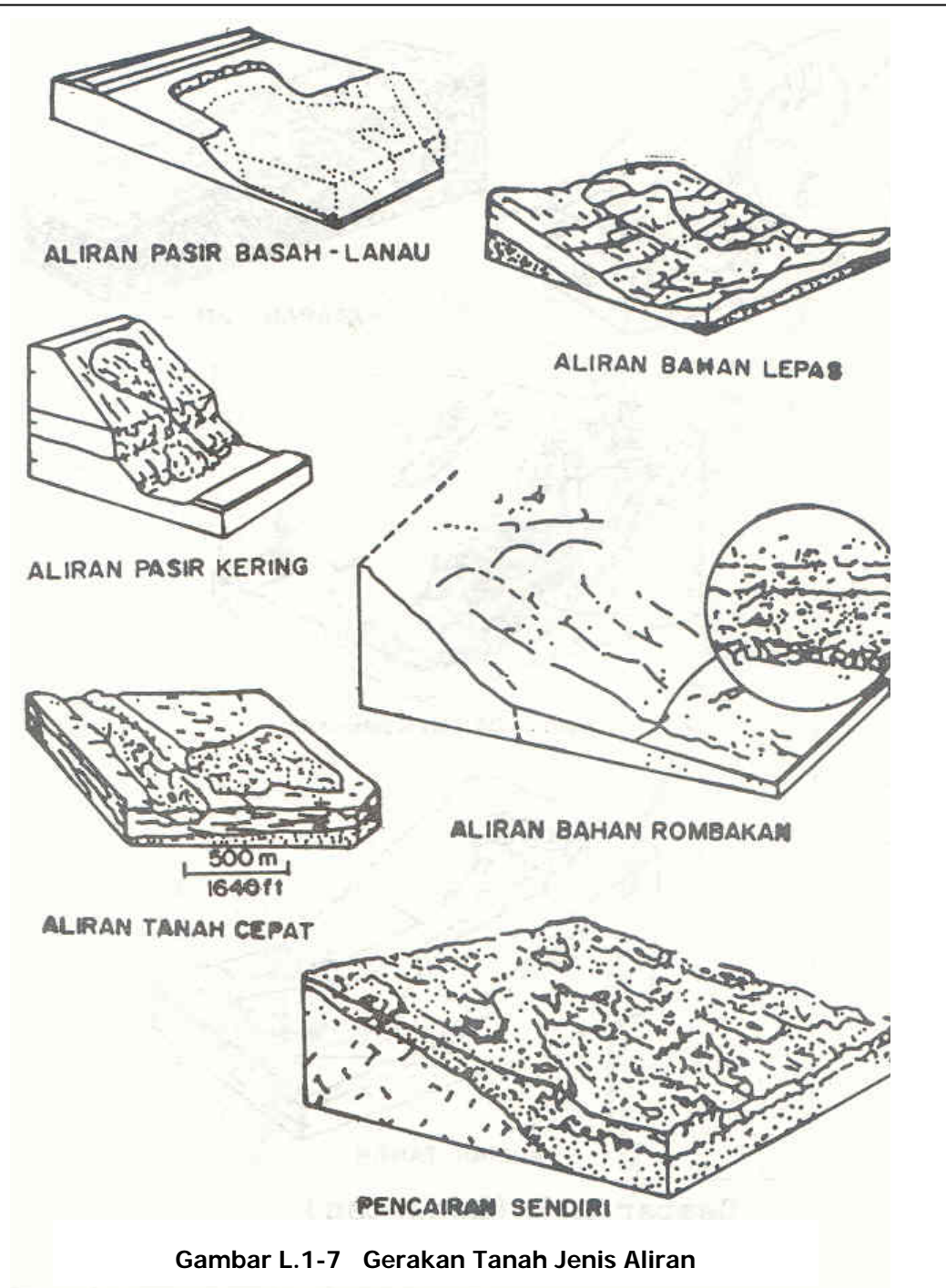


Gambar L.1-3 Gerakan Tanah Jenis Longsor Rotasi

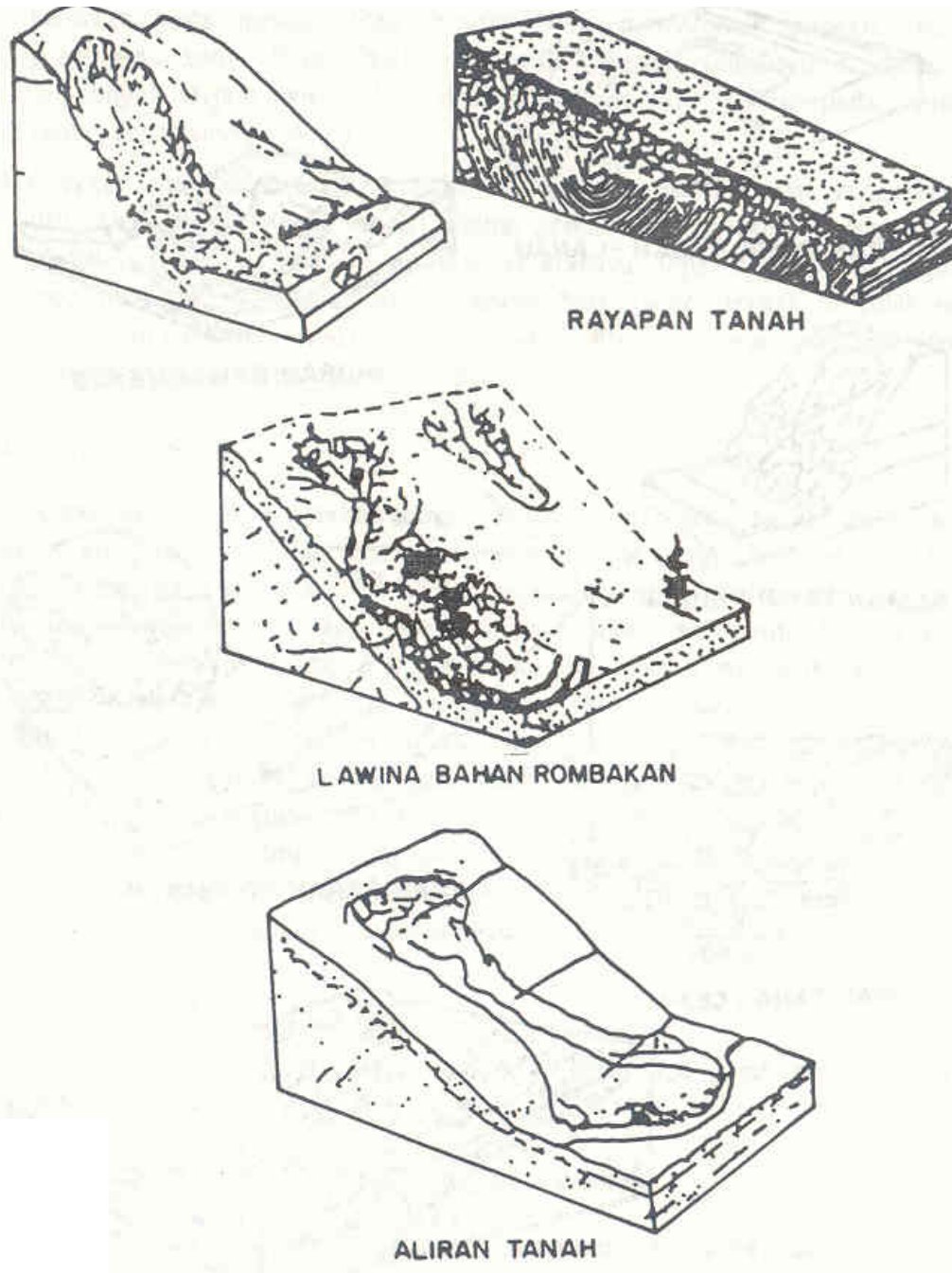


Gambar L.1-4 Gerakan Tanah Jenis Longsor Translasi

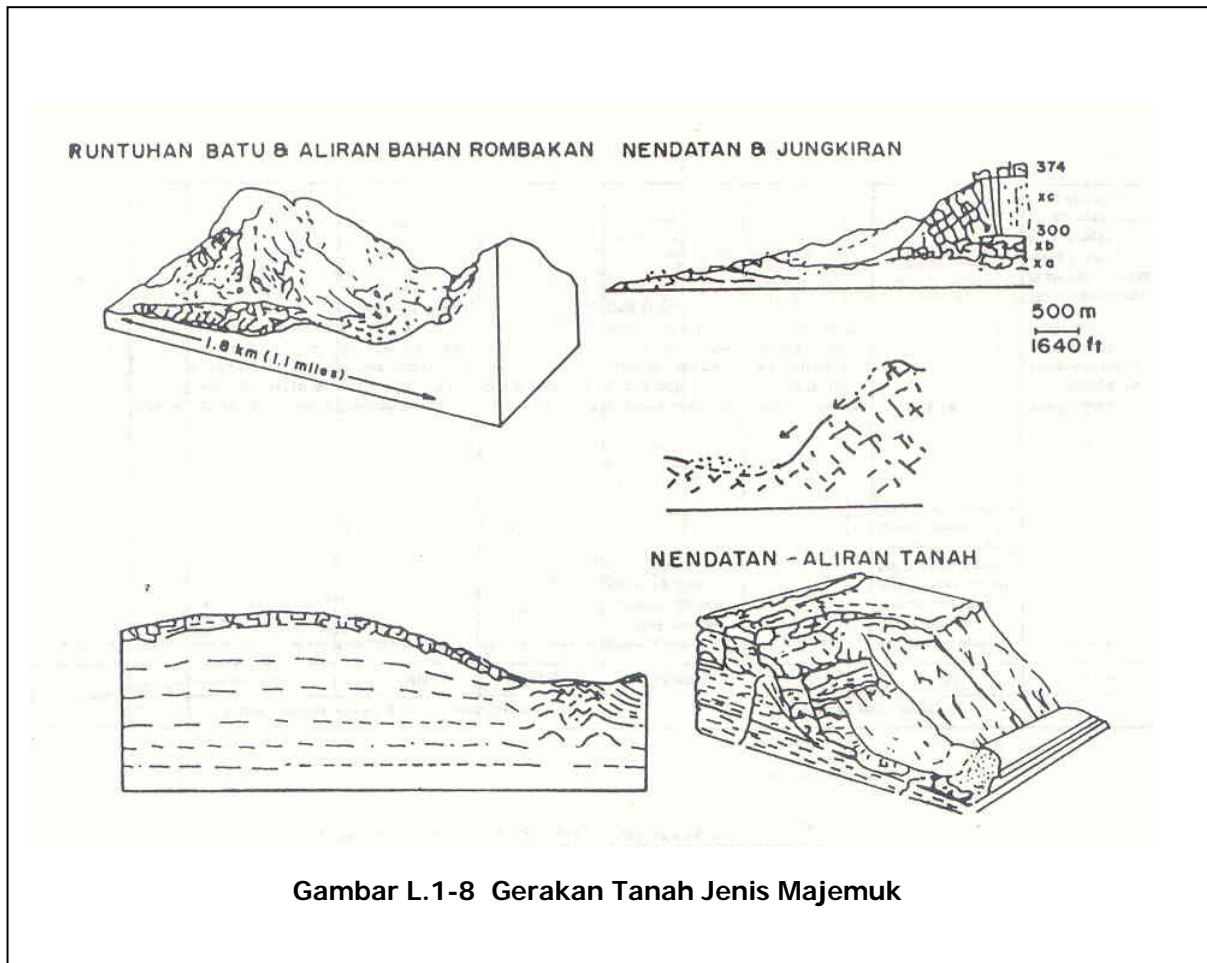




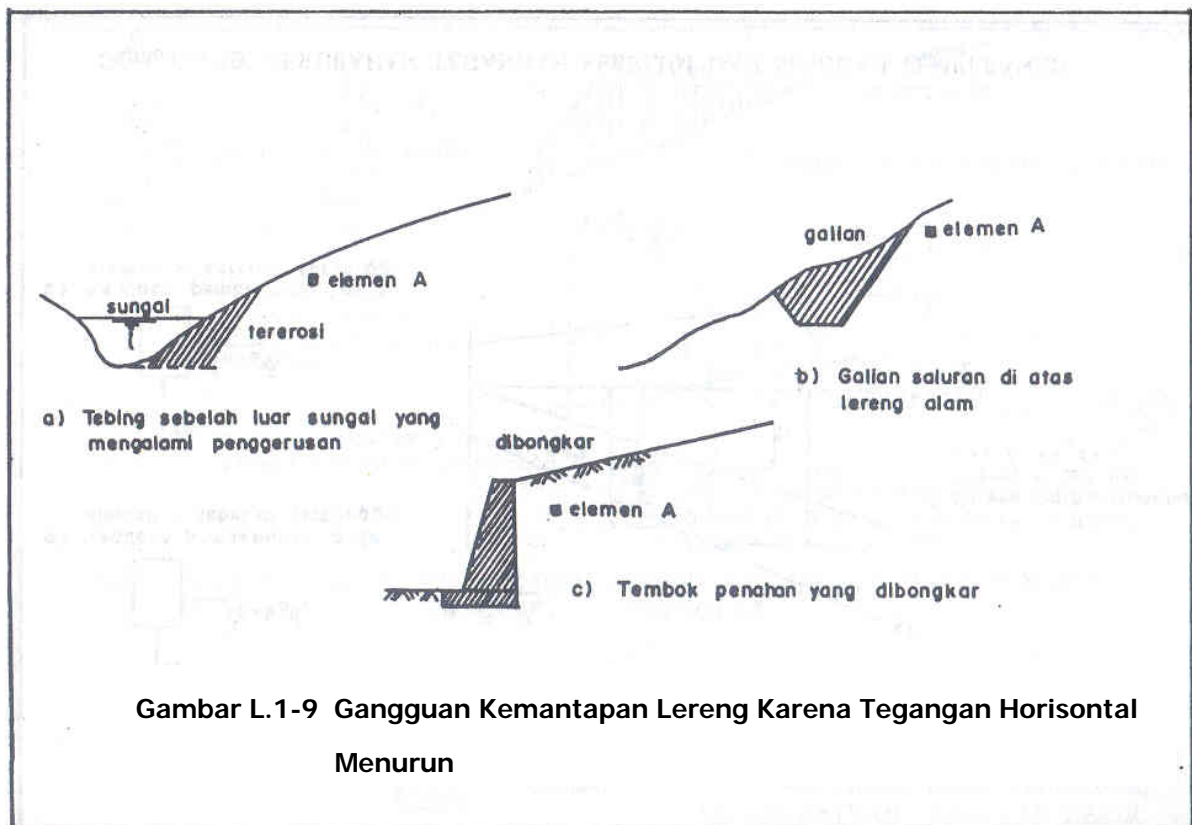
Gambar L.1-7 Gerakan Tanah Jenis Aliran



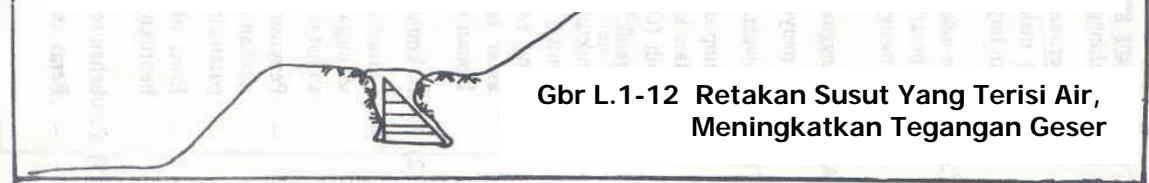
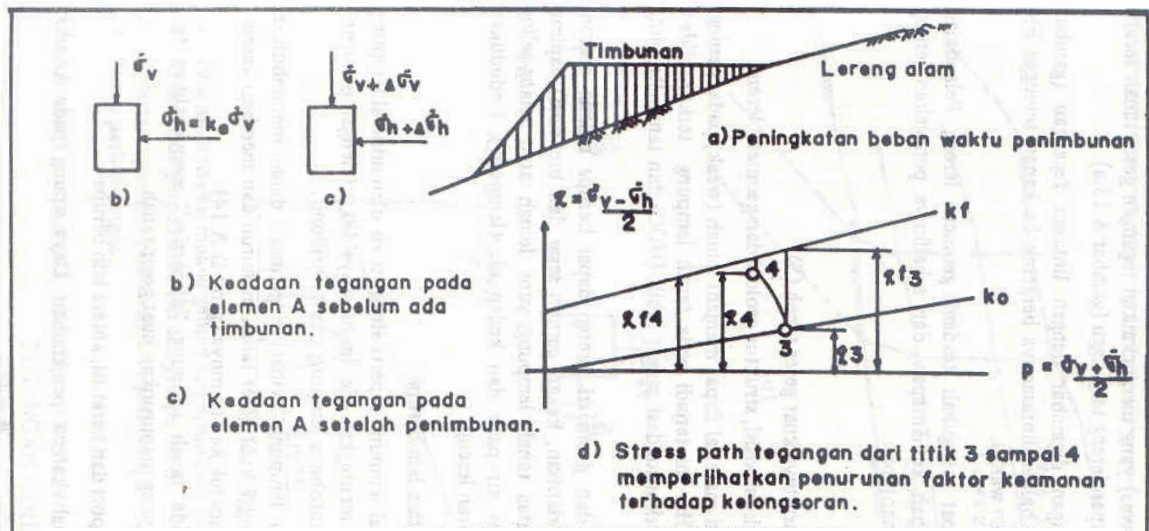
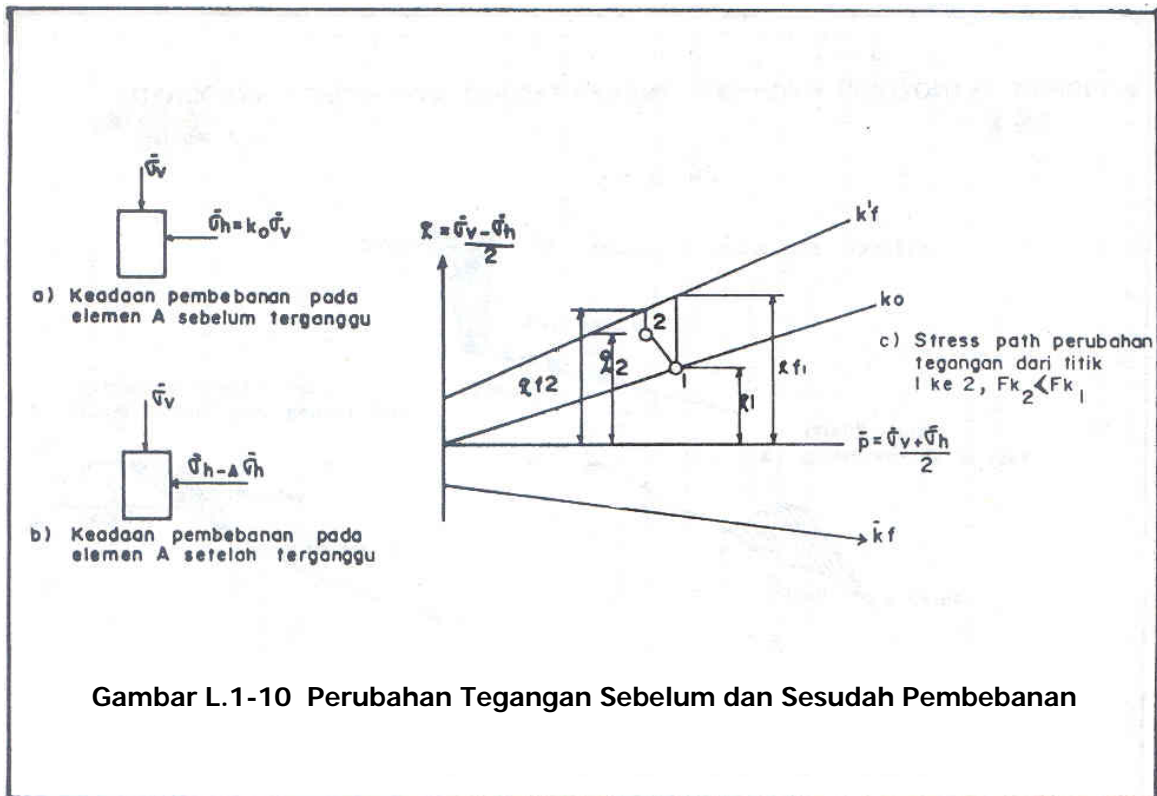
Gambar L.1-7 (Lanjutan) Gerakan Tanah Jenis Aliran

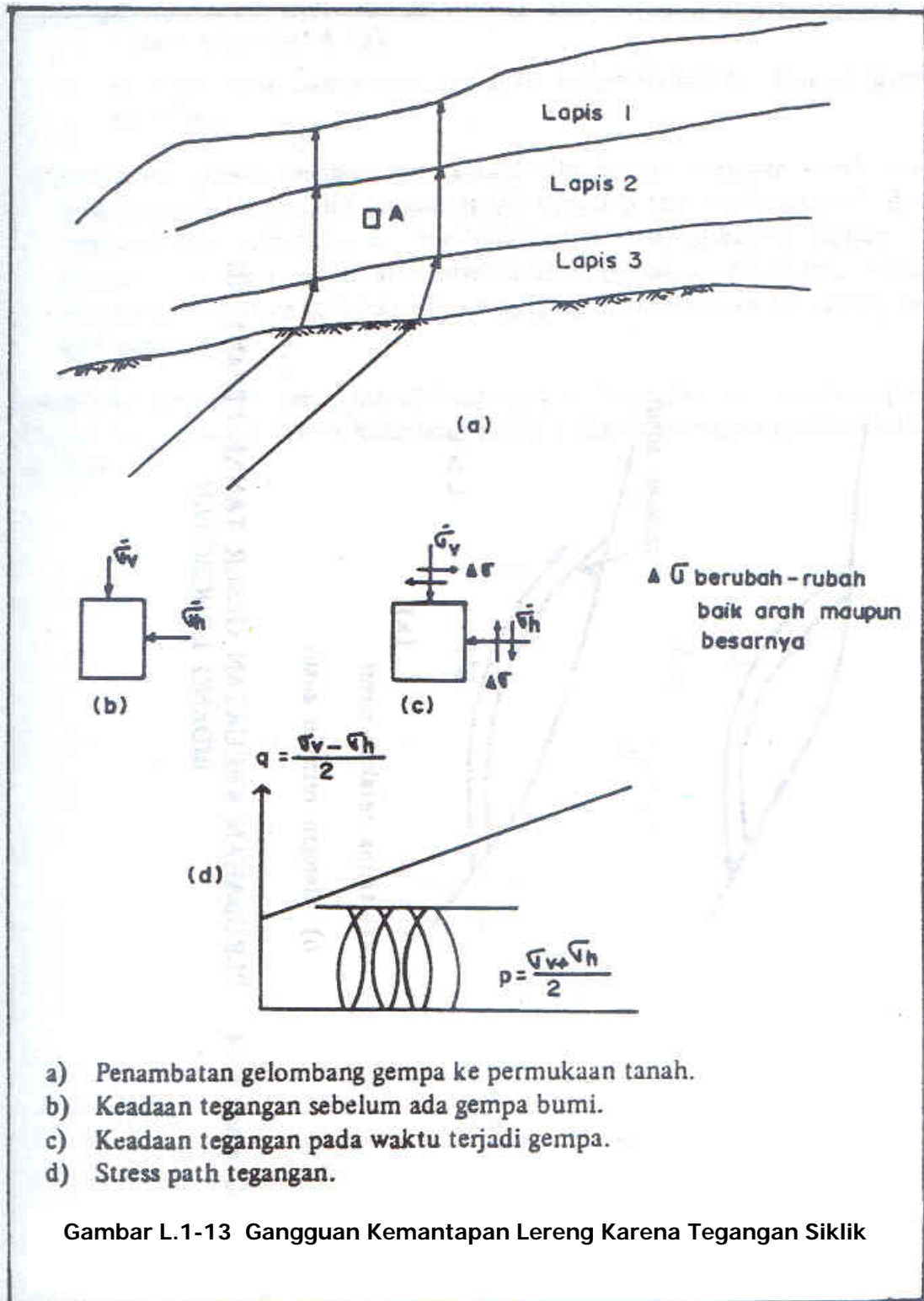


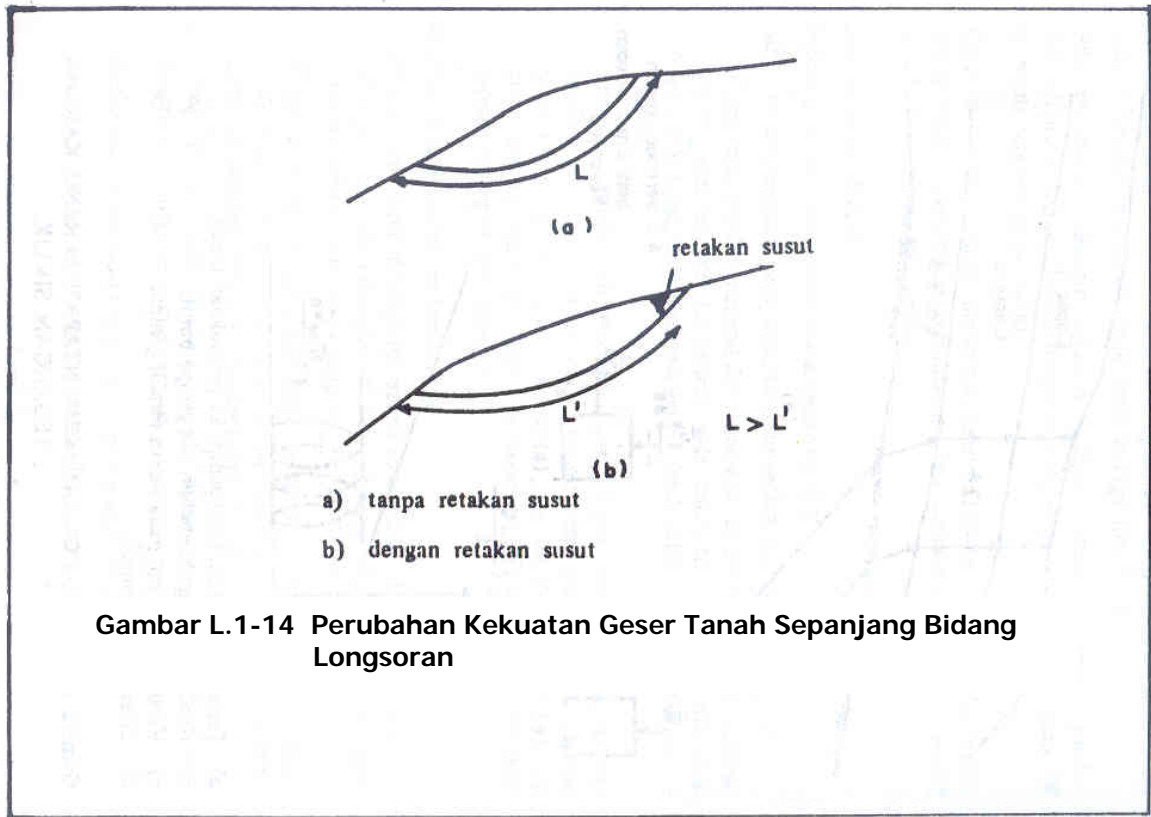
Gambar L.1-8 Gerakan Tanah Jenis Majemuk



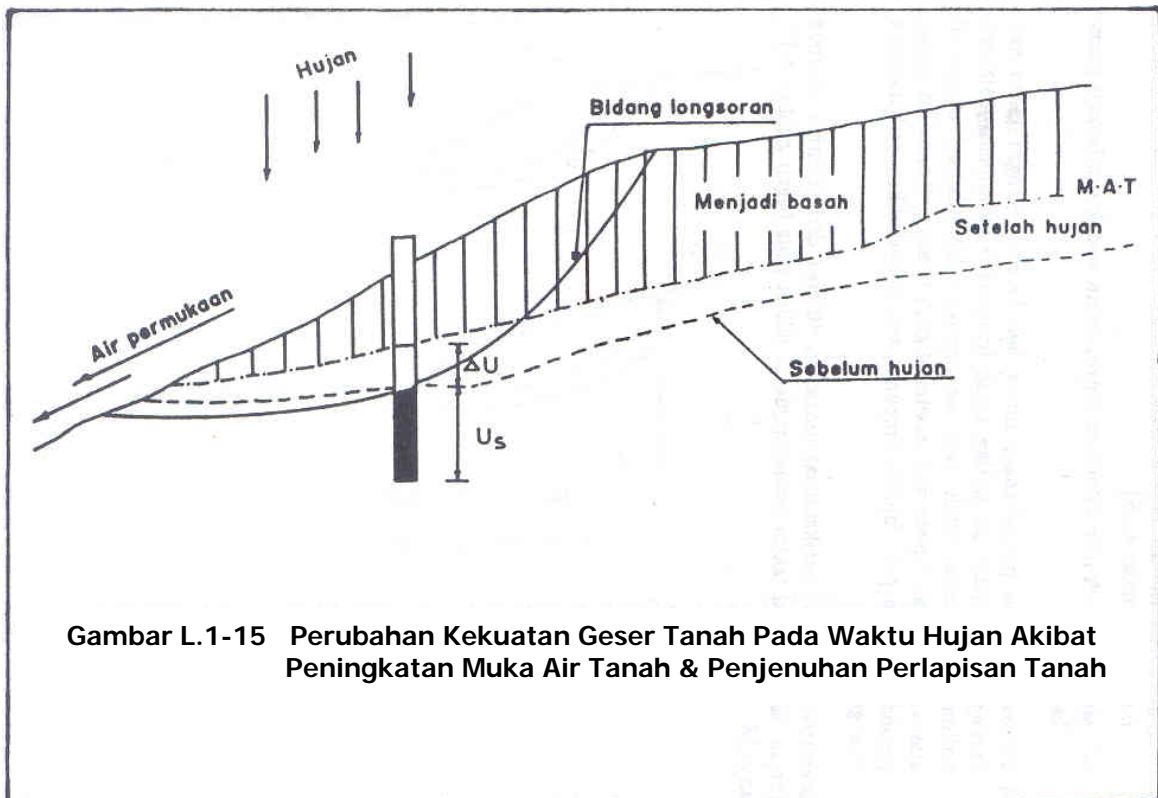
Gambar L.1-9 Gangguan Kemantapan Lereng Karena Tegangan Horisontal Menurun



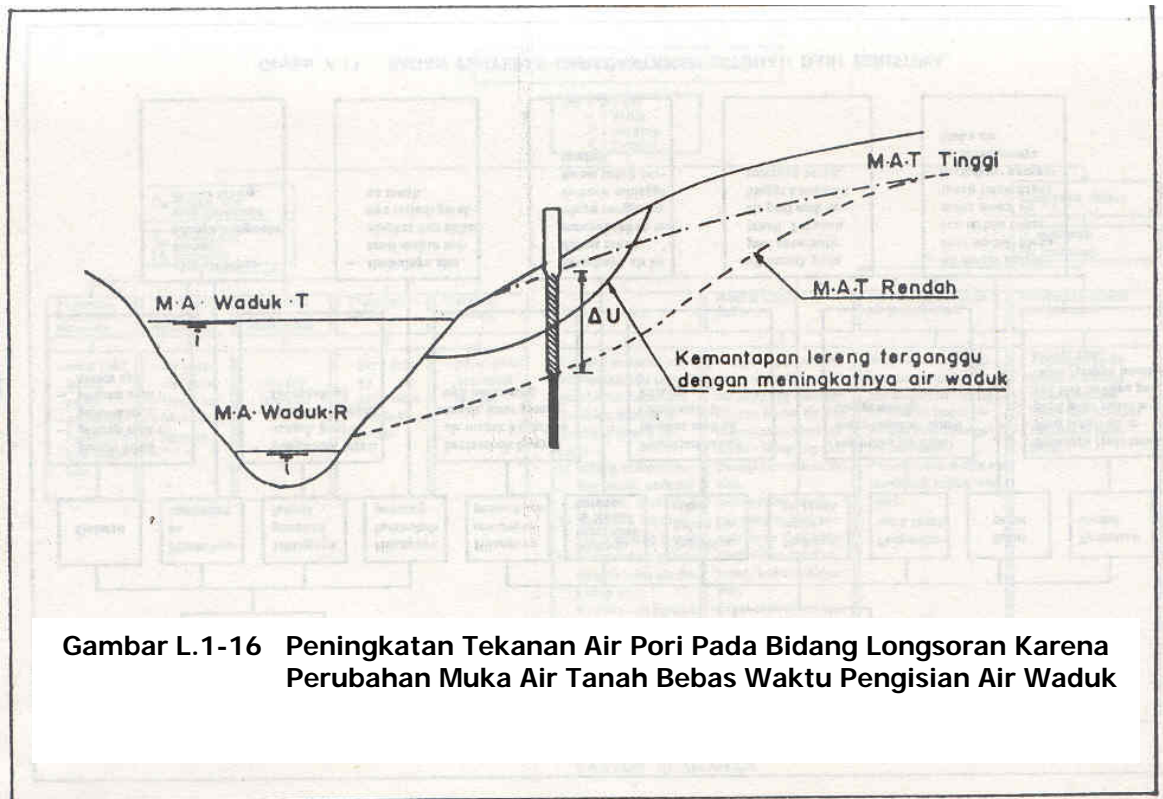




Gambar L.1-14 Perubahan Kekuatan Geser Tanah Sepanjang Bidang Longsoran



Gambar L.1-15 Perubahan Kekuatan Geser Tanah Pada Waktu Hujan Akibat Peningkatan Muka Air Tanah & Penjenuhan Perlapisan Tanah



Gambar L.1-16 Peningkatan Tekanan Air Pori Pada Bidang Longsoran Karena Perubahan Muka Air Tanah Bebas Waktu Pengisian Air Waduk