

METODE DRAINASE UNTUK STABILITAS LERENG LAHAN PERTANIAN

Nugroho Widiasmadi
(Dosen Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim)

ABSTRAK

Proses infiltrasi yang menjadikan aliran antara (*interflow*) atau sebagai aliran dasar (*base flow*) pada suatu media permukaan tanah akan mempengaruhi stabilitas permukaan tanah tersebut, kondisi ini akan menjadi masalah jika permukaan tanah mempunyai kemiringan tertentu. Stabilitas permukaan lereng baik pada tanah asli ataupun tanah bentukan rekayasa akan sangat dipengaruhi oleh sistem peresapan air tersebut baik pada tujuan irigasi ataupun drainase.

Untuk mengatasi masalah tersebut dilakukan suatu upaya pembuatan sistem drainase untuk mengalirkan air yang merembes ke dalam (*infiltrasi*) dengan menggunakan tiga sistem drainase yaitu: drainase terowongan, drainase sumuran, dan drainase mendatar.

Ketiga sistem drainase tersebut diatas telah digunakan oleh Rott (1959). Palmer, Thompson, Yeomans (1950), Smith dan Cedergren (1963) untuk mengatasi masalah air yang masuk ke dalam tanah pada suatu lahan yang digunakan untuk kepentingan berbagai kegiatan pertanian dan pengolahan tanah lainnya.

Berdasarkan penggunaan tersebut di atas akan dilakukan suatu telaah yang berkaitan dengan pemanfaatan ketiga sistem drainase terowongan, drainase sumuran dan drainase mendatar.

Pendahuluan

Dalam pembangunan dan tanah, reservoir, penimbunan pada pekerjaan jalan, dan pekerjaan rekayasa lainnya memiliki alat kontrol terhadap kemungkinan terjadinya kelongsoran pada pembuatan lereng dengan fasilitas drainase dalam, dan sifat material yang digunakan. Pada lereng asli harus dipasang perlengkapan secara alami dan hasil pengukuran yang dilakukan perlu diyakini kebenarannya untuk mencegah terjadinya kegagalan.

Formasi tanah asli biasanya selalu berubah dengan membentuk sudut yang besar atau kecil, dan apabila lereng yang terbentuk sudah stabil, terdapat kemungkinan selanjutnya menjadi tidak stabil atau sebaliknya. Stabilitas lereng biasanya dapat diperbaiki dengan membuat lereng tanah lebih datar, didekat puncak dibuat drainase permukaan atau

pada bagian kaki lereng ditimbun material, berupa batuan dan fasilitas drainase.

Dinding penahan tanah dan alat pengendali terhadap kemungkinan terjadinya kelongsoran telah digunakan secara luas. Stabilitas suatu lereng sering kali perlu dipertanyakan atau ditandai oleh adanya perkembangan ketidakstabilan yang dapat diatasi dengan usaha pemadatan kembali atau pekerjaan ulang pada permukaan tanah, mengisi kembali dengan timbunan tanah untuk mengurangi aliran air kedalam masa tanah.

Drainase tanah yang diberi lapisan ditempatkan pada bagian atas untuk mengurangi resapan air ke dalam tanah yang akan mengakibatkan kerusakan pada bagian lainnya. Kontrol aliran air dibawah permukaan dan kondisi aliran dalam wujud rembesan pada lereng didrainase, merupakan salah satu sistem yang baik untuk memperbaiki stabilitas lereng tanah, baik asli maupun buatan.

Drainase yang dilakukan terhadap kondisi yang telah disebutkan diatas telah dilaksanakan oleh Rott (1959), Plamer, Thompson, Yeomans (1950), Smith dan Cedergren (1963). Rott menggunakan suatu sistem drainase terowongan, Palmer, Thompson, Yeomans (1950), Smith dan Cedergren menggunakan suatu sistem drainase mendatar (horizontal drains)

Tinjauan Sistem Drainase

Sistem Terowongan

Yang dimaksud dengan drainase sistem terowongan ialah drainase yang menggunakan terowongan buatan di dalam tanah, menggunakan bahan pasir dengan gradasi tertentu atau dilengkapi dengan material yang dapat mengalirkan air tanah dengan erosi buluh minimum.

Sistem Sumuran

Yang dimaksud dengan drainase sistem sumuran ialah drainase yang menggunakan sumuran yang diisi pasir dengan gradasi tertentu untuk mengalirkan air yang akan dibuang. Disamping itu dapat pula dilakukan pembuatan sumur pada suatu lahan yang akan dimanfaatkan untuk konstruksi tertentu yang membutuhkan penurunan muka air tanah di bawah permukaan. Sistem ini juga dapat dikombinasikan dengan penggunaan air dari sumur yang didrainase, untuk keperluan pemberian air tanaman dan kebutuhan air bersih.

Sistem Drainase Mendatar

Yang dimaksud dengan sistem drainase mendatar ialah suatu drainase yang menggunakan lapisan agregat pada bagian dibawah bangunan atau pada bagian tertentu dari suatu lingkungan yang akan di drainase.

Metode

Dalam penyusunan tulisan ilmiah ini digunakan metode studi pustaka/ Bedah Pustaka dimana peneliti mengkaji dari beberapa sumber pustaka yang relevan dengan materi tersebut diatas.

Pembahasan

Lereng tanah yang stabil secara alamiah maupun lereng yang dibuat oleh rekayasawan berkaitan erat dengan kegagalan yang terjadi, ditunjukkan pada tabel berikut:

Sifat lereng	Penyebab kelongsoran	Jenis kegagalan
Lereng tanah asli diatas lahan digunakan untuk industri dan perumahan	Gaya gempa, hujan deras, pengupasan kaki bukit	Merusak fungsi, menutupi sungai meruntuhkan bangunan diatasnya
Lereng tanah asli dilakukan pengembangan lahan	Pemotongan lereng timbunan pada bukit tidak stabil, kelemahan akibat adanya aliran air	Retakan perlahan merusak bangunan jalan
Lereng reservoir	Bertambahnya kelembaban tanah dan batuan, naiknya muka air, bertambahnya olakan dan penurunan berulang kali	Penurunan berulang kali mengganggu jalan raya dan jalan kereta api, pencegah pelimpah
Jalan raya, jalan kereta api dengan pemotongan atau penimbunan lereng	Hujan deras, penimbunan lereng tidak stabil, naik turunnya muka air tanah.	Kegagalan pemotongan lereng untuk jalan raya, berpindahnya dasar jalan
Dam tanah dan bagain dari reservoir	Muka aliran air tanah tinggi, gaya gempa	Penurunan secara tiba-tiba, mengakibatkan kegagalan total banjir di hilir

Faktor-faktor yang mempengaruhi kelongsoran

Gaya gravitasi secara tetap bekerja menuju pusat bumi dan buatan, lereng akan menjadi rata kalau ada kesempatan, kalau tidak gaya gravitasi air di dalam tanah atau batuan menghasilkan aliran tanah yang menimbulkan gaya dan tekanan pori yang membantu proses pembasahan. Gaya gempa memberi tambahan aksi yang sifatnya merusak dimana aktivitas manusia sering mengarah pada lereng lahan.

Derajat stabilitas yang dimiliki lereng sangat luas, tergantung pada keadaan yang dipengaruhi waktu. Selanjutnya kekuatan dasar dan kepadatan tanah atau susunan batuan memberi pengaruh pada stabilitas selama menahan kejutan akibat gaya gempa. Beberapa longsoran dapat terjadi pada tempat kering, lepas pada tanah lanau tetapi secara umum kerusakan berupa longsoran terjadi pada tanah lepas, tanah basah selamaturun hujan deras atau selama terjadinya gempa.

Derajat stabilitas lereng tanah pada suatu keadaan fisik seperti ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Keadaan	Berkurangnya derajat stabilitas
Lereng kering tidak terjadi gempa	7
Lereng kering padat terjadi gempa	6
Lereng basah, aliran air tanah, tanpa gempa	5
Lereng basah, aliran air tanah, dengan gempa	4
Lereng basah, aliran air tanah, tanah tidak baik, tanpa gempa	3
Lereng basah, aliran air tanah, tanah padat, tanpa gempa	2
Lereng basah, aliran air tanah, lepas, dengan gempa	1

Dengan menunjuk tabel diatas kebanyakan keadaan tidak menguntungkan seperti yang diharapkan, keadaan basah, lepas adanya tambahan tanah pada saat terjadinya gempa. Kombinasi keadaan ini hampir selalu ada pada setiap lereng asli, tanah basah, lepas dan terjadi pengurangan kekuatan yang mengarah pada kelongsoran pada umumnya.

Beberapa kerusakan akibat longsoran tanah terjadi pada butiran basah dimana konstruksi terganggu karena gempa, getaran gempa mengakibatkan runtuhnya dasar yang tidak terkonsolidasi, tanah lanau yang lolos air dan pasir halus dengan air pori yang keluar dari material pendukungnya, dan tanah yang tercampur air tidak mempunyai kekuatan.

Sherat dkk. (1963) menyimpulkan bahwa getaran pada tanah selama berlangsungnya gempa merupakan keadaan yang sangat berbahaya apabila terjadi pada saat pengoperasian. Sesudah terjadinya kelongsoran memberikan petunjuk bahwa drainase yang buruk atau pemadatan ringan dengan persiapan tanah dasar yang kurang memadai, menyebabkan terjadinya longsor.

Kenaikan muka air tanah pada saat pelaksanaan reservoir menjadi penyebab terjadinya kelongsoran. Kontribusi aliran air rendah terhadap kelongsoran lereng meliputi keadaan sebagai berikut :

1. Berkurangnya atau dieliminasinya kekuatan kohesif.
2. Dihasilkannya tekanan air pori neral, yang mengurangi tegangan efektif dengan menurunnya kekuatan geser.
3. Tambahan keluaran yang terhadap dalam pori tanah atau selama akibat getaran yang lain.
4. Terjadinya kemiringan gaya aliran air tanah yang menambah momen guling.

Sifat tanah dan batuan yang memberi pengaruh pada kemampuan lereng untuk menahan gerakan air dan gaya lain yang merusak, ialah :

1. Kekuatan geser material dasar.
2. Plastisitas dan kekutan pengisian.
3. Rongga, ketebalan dan perluasan tidak kumpul.
5. Kepadatan tanah dan batuan basah yang mempengaruhi kemampuan butiran tanah pada saat terjadi geraran.
4. Kedudukan dan penyerongan tanah.

Stabilitas Lereng

Pengaruh relatif faktor-faktor diatas pada stabilitas lereng dapat dibandingkan dengan sejumlah metode yang digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng tanah. Jika kekuatan tanah dan batuan di dalam lereng dapat ditentukan, angka keamanan dapat dihitung untuk keadaa drainase. Melalui telaah dari pengaruh faktor-faktor penting akan membantu dalam pengertian, yang menyebabkan kelongsoran suatu lereng dan metode evaluasi dipakai secara kontrol dan usaha pencegahan.

Sherat dkk. (1963) menyampaikan bermacam metode analisis stabilitas lereng dan dibagi kedalam dua kategori ialah : Metode A merupakan metode kelongsoran permukaan, Metode B merupakan metode unit tegangan, Metode A meliputi bermacam bentuk kelongsoran potensial, akibat geseran permukaan, termasuk didalamnya metode lingkaran kelongsoran oleh K. E. Peterson (1916). Metode ini dikenal

pula sebagai metode Swedia yang dikembangkan oleh Fellenius (1936), dan Taylor (1948).

Metode analisis strabilitas lereng untuk menentukan gaya yang bekerja pada bidang kelongsoran, faktor keamanannya G_s dinyatakan sebagai berikut :

$$G_s = \frac{\text{jumlah gaya yang menahan atau momen penahan}}{\text{jumlah gaya yang bekerja atau momen guling}}$$

kelongsoran yang terjadi pada formasi di dalam lereng kohesif cenderung untuk berada di lapisan dalam, seperti yang ditunjukkan oleh lengkung ABC

Gb.1. Penyederhanaan, Metode Swedia untuk analisis stabilitas lereng

Untuk menentukan faktor keamanan lereng, lingkaran yang dicoba dianalisis dan mempunyai faktor keamanan terkecil merupakan lingkaran kritis. Lingkaran kritis menunjukkan permukaan mana yang akan mengalami kelongsoran. Besarnya angka keamanan pada lingkaran kritis merupakan angka keamanan minimum dari lereng pada keadaan tertentu. Prosedur yang biasa dilakukan untuk menghitung besarnya angka keamanan, lingkaran kelongsoran dibagi dalam beberapa segmen yang seimbang dan digambarkan sebagai gaya tegak pada pusat gravitasi dari bidang longsor.

Segmen W_{σ} , komponen W_{σ} , berupa gaya potensial W_{σ} , yang tegak lurus pada lingkaran longsor atau normal pada lingkaran longsor, memberikan kontribusi pada gaya penahan longsor, normal N_{σ} .

$$G_s \frac{\sum N \operatorname{tg} \Phi + cl}{\sum T}$$

- Φ koefisien gaya gesekan dari tanaha atau batuan di lereng
 c kekutan kohesi satuan
 l panjang lengkungan pada segmen dimana terdapat c
 ΣN jumlah komponen N untuk semua bidang longsor
 ΣT jumlah komponen tangensial untuk semua longsoran untuk tanah yang tidak kohesif

$$G_s \frac{\sum N \tan \Phi}{\sum T}$$

angka keamanan proporsional dengan ratio $\frac{\sum N}{\sum T}$

Terlihat bahwa pada lereng curam nisbah antara ΣN dan ΣT adalah kecil, dan sebaliknya, kalau tidak, setiap gaya yang bekerja akan mempunyai sifat merusak. Lereng pada tanah tidak kohesif, kelongsoran permukaan cenderung dangkal dan sejajar dengan lereng. Untuk keadaan ini angka untuk keamanan dari lereng tanah kering dapat dihitung dengan menganggap setiap longsoran tanah menurut bidang abcd

Gb 2. Tegangan pada lereng tidak terbatas dalam keadaan kering

Seperti pada metode lingkaran kelongsoran, berat W dari longsoran digambarkan berskala dengan pusat gravitasi longsoran. Jika tidak ada gaya yang bekerja, W juga merupakan gaya badan R_σ dengan komponen gaya normal N_σ dan komponen tangensial T_σ dapat ditentukan secara grafis dengan membentuk sudut kekanan. N_σ dan T_σ ditentukan dari geometri lereng karena $\tan \sigma = T_\sigma / N_\sigma$ atau $T_\sigma = N_\sigma \tan \sigma$

Angka keamanan G_s

$$G_s \frac{N_\alpha \tan \phi}{T_\alpha} \quad \text{dan} \quad G_s \frac{\tan \phi}{\tan \alpha}$$

jika koefisien tidak diketahui berdasarkan derajat stabilitas relatif pada berbagai keadaan dapat ditentukan dengan diberikannya sebarang nilai Φ , angka keamanan.

$$G_s = N/T$$

Efek dari arah aliran air dibawah permukaan pada lereng terendam

Pada lereng tanah asli berada dalam keadaan terendam selama periode hujan deras, muka air di bawah permukaan naik dan aliran air utama sejajar dengan lereng. Untuk keadaan c elemen tanah abcd dalam lereng tidak terbatas, dengan berat terendam, W_c dan gaya giliran yang bekerja, F

Gb. 3. Tegangan pada lereng tidak terbatas dalam keadaan terendam

Bagian dari jaringan aliran berupa garis aliran yang sejajar lereng dan ekuipotensial tegak lurus pada lereng, menggunakan metode gradien hidraulik gaya alirana air F dapat ditentukan dengan menggunakan W_c dan F.

Resultan R_c memberikan tangensial T, yang lebih besar dari T_a dan T_b dengan komponen normal N_c yang lebih kecil dari pada N_a dan N_b . Sebagai konsekuensi N/T lebih kecil dari lereng kering pada saat tidak terjadi gempa, percepatan gempa 0,5 g. Hal ini menunjukkan bahwa $N/T < 50\%$ untuk lereng kering, tidak terjadi gempa dan $N/T \pm 60\%$ untuk lereng kering, pada saat terjadi gempa.

Terlihat bahwa pada lereng aliran air dalam mendatar memperkecil stabilitas lereng. Lereng yang berada dalam keadaan

sangat basah, dengan keluarnya tekanan air pori secara bebas dari gangguan gaya aliran dibawah permukaan. Jika lereng berada pada lapisan batuan dengan angka kelulusan yang tinggi, jaringan aliran terdiri atas garis aliran tegak dan ekopotensial mendatar.

Gb.4. Tegangan pada lereng tidak terbatas pada lereng terendam dengan aliran tegak di bawah permukaan.

Dengan adanya aliran dibawah permukaan, energi air bebas di dalam tanah keluar sebagai aliran tegak menuju ke bawah batuan dan selanjutnya keluar melalui kaki lereng. Pada aliran di bawah permukaan, gaya yang bekerja pada elemen abcd dengan berat basah W_o dan F_v , resultan badan R_d merupakan jumlah W_o dan F_v , gaya tegak menghasilkan komponen tangensial T_d dan komponen normal N_d . Perbandingan N/T identik dengan lereng kering, walaupun gaya N_d dan T_d lebih kecil daripada gaya pada lereng kering, sebab berat total sedikit lebih besar pada lereng basah daripada lereng kering.

Gb. 5. Nilai perbandingan dan T

Air yang meresap dalam arah mendatar menyebabkan ketidak stabilan pada lereng, air yang meresap tegak ke bawah memberikan gaya yang memberikan ketidak stabilan dan tidak ada tekanan dari pori. Keuntungan dari drainase di bawah yang dibangun di tanggul pada kondisi hujan deras telah dilakukan oleh Terzaghi (1943) dengan kemiringan atau dengan lapisan mendatar, gaya aliran air di bawah permukaan dalam arah tegak dan ternyata dapat memperbaiki stabilitas dari dinding penahan tanah.

Banyak lereng dan dibangun dengan konstruksi untuk mengontrol aliran di bawah permukaan, dibangun dengan drainase yang mendukung kepentingan daerah bebas air atau memberikan aliran di bawah permukaan yang sesuai. Lapisan drainase asli membantu dalam stabilitas lereng. Kenyataannya drainase mendatar dan menerus tidak dapat ditempatkan pada lereng yang akan dibangun dilengkapi dengan drainase, yang tidak memberikan kesempatan untuk berkembangnya ketidak stabilan.

Model analisis aliran di bawah permukaan yang digunakan dalam pembangunan konstruksi, dilakukan dengan maksud untuk dapat mengontrol aliran air di bawah permukaan.

Drainase Terowongan

Salah satu metode kuno untuk stabilitas terhadap gangguan pada kaki bukit atau lereng tanah, abutmen dan jenis lereng lainnya dengan menggunakan drainase terowongan. Apabila terowongan menjadi titik tumpuan air, retakan atau lapisan efektivitasnya menjadi tinggi untuk air tanah rendah. Kadangkala digunakan sebagai penghubung dengan drainase sumuran tegak untuk menyalurkan keluaran secara gravitasi aliran air tanah yang memasuki sumuran.

Pada beberapa kasus digunakan untuk melindungi bangunan yang mahal atau untuk perbaikan lainnya apabila keluaran dibatasi atau melindungi daerah jalan, untuk melindungi pemakaian jalan.

Drainase Sumuran

Sistem sumuran seringkali digunakan untuk memperbaiki keadaan air tanah yang terganggu oleh lereng tanah jalan, sisi bukit dan abutmen dan atau keadaan lainnya. Apabila digunakan dalam pondasi disebut sumur pengurang, pada beberapa keadaan drainase sumuran untuk stabilitas lereng, yang dipasang tanpa keluaran air tanah di bawah permukaan, kecuali keluaran melalui puncak. Jika sumuran digunakan pada lereng tanah akan efektif bila dilakukan drainase bebas di dasarnya.

Pada keadaan aliran tanah tinggi, selama pelaksanaan, sumur seringkali dipompa. Pasir yang diisikan ke dalam sumur selanjutnya disebut pasir drainase, seringkali digunakan untuk stabilitas terdapat kelemahan, keadaan basah, dan pondasi tanah yang dipadatkan. Sistem drainase sumuran dengan pemompaan tidak dibahas pada makalah ini

Gb. 6. Drainase Terowongan, Crockett, California untuk mengontrol kelongsoran Proyek Jalan.

Stabilitas lereng dengan sistem sumur kadang-kadang digunakan sebagai penghubung dengan terowongan yang memberikan debit air secara gravitasi yang masuk ke dalam sumur. Agregat saringan yang lulus air biasanya ditempatkan pada sumur dengan pipa berlobang, dan sering digunakan untuk menambah kapasitas debit.

Gangguan terhadap medan terjadi pada bukit yang mempunyai lapisan tidak menerus, dari pasir dan lanau terutama lapisan lempung biru yang kedap air. Delapan sisi bergerak akibat adanya tekanan hidrostatis berlebihan seperti yang ditunjukkan oleh pengeboran untuk menentukan jenis tanah dan kondisi airnya.

Dinding penahan, jenis gravitasi dan tiruan dari beton dikaji untuk mencari alternatif untuk memungkinkan terhadap hasil koreksi pengukuran. Sesudah dilakukan studi atau kajian terhadap kedelapan sisi tersebut, diambil keputusan diperlukan kontrol terhadap air tanah dengan drainase, dan merupakan penyelesaian terbaik. Keputusan untuk

menggunakan drainase sumuran dalam memperbaiki gangguan terhadap lereng karena sistem ini berhasil untuk stabilitas lereng.

Gb. 7. Drainase Sumuran untuk stabilitas kelongsoran Palmer, Thompson dan Yeomans (1950).

Gb. 8. Detail Drainase Sumuran.

Drainase Mendatar

Drainase mendatar telah digunakan untuk mengatasi masalah gangguan terhadap stabilitas lereng jalan, pada tahun 1939. Drainase mendatar sederhana seperti dibuatnya sumuran kecil yang dibor mendatar dekat kaki bukit atau pada pondasi untuk mengalirkan aliran di bawah permukaan dan air tanah.

Drainase mendatar sering digunakan sebagai bagian dari stabilitas pada pemotongan lereng dalam keadaan basah, tanah dengan dasar tidak stabil dan kadangkala digunakan sebagai koreksi lereng yang akan dikembangkan. Digunakan sebagai lereng jalan baru atau lama, jalan kereta api dan pekerjaan lainnya.

Gb. 9. Drainase mandatar pada tanggul

Drainase mendatar membantu menurunkan muka air dan menjaga lereng pada tempat yang sedang dikerjakan, pada galian dangkal drainase mendatar dibuat didekat muka jalan. Pipa pengumpul atau saluran pembagi biasanya dibuat untuk menampung air dan disalurkan ke suatu tempat yang tidak membahayakan lereng. Lubang-lubang aspal dilengkapi dengan pipa galvanis berukuran dua inci, dipasang sepanjang galian. Pipa keluaran penampang 10 ft, tanpa diberi lubang yang mendekati lubang galian kelilingnya diberi lempung, sehingga semua air dapat dialirkan dengan baik.

Pada kebanyakan instalasi drainase mendatar, untuk melayani sumur eksplorasi dan pengeboran, dan titik-titik yang menambah drainase dibor. Apabila pemboran lubang mengalami kesulitan di dalam pelaksanaannya perlu dilakukan pembuatan lubang disekitar losi yang cocok, panjang bervariasi antara 50 – 300 ft. Sistem drainase yang kompleks digunakan dalam mengatasi kelongsoran dekat kota Towle, California seperti yang telah dilakukan oleh Smith dan Cedergen.

Seri pemboran R1, R2, R3, menunjukkan tanda bahwa terdapat batuan yang tetap kokoh, tidak mengalami gangguan dan masih dapat bertahan pada kedalaman antara 40 – 50 ft, pada daerah kelongsoran.

Dilakukan suatu langkah stabilisasi dengan membuat empat galian melintang yang digunakan untuk drainase mendatar dalam memperbaiki stabilitas bukit. Lapisan agregat yang lulus air dengan pipa drainase ditempatkan pada melintang untuk menampung dan mengalirkan air tanah. Gangguan terpuruk pada tanah lereng diawal drainase ialah melemahnya kondisi tanah dalam menunjang usaha stabilisasi, dan selanjutnya dilakukan penggalian tanpa adanya kelongsoran yang berarti.

Gb. 10. Denah Stabilitas dan Pemboran

Drainase awal dibuat pada jarak 700 ft, dari drainase sumuran, sesudah dilakukan pengeboran dihubungkan dengan dasar dan setelah dilakukan pemompaan selama beberapa minggu, keadaan air tanah mengijinkan untuk penggalian dalam rangka stabilisasi dan berjalan tanpa gangguan. Drainase mendatar dibor kedalam dasar bukit ke bawah jalan, jalan kereta api dan dasar selokan dan memberikan gambaran kombinasi dari kesatuan sistem, sumuran tegak, dihubungkan dengan drainase terowongan, dan drainase mendatar dengan stabilisasi selokan. Sebelum melakukan pemilihan terhadap sistem drainase untuk stabilitas lereng tanah perlu dilakukan penyelidikan lapangan dan survei tanah

Diperlukan gambaran berupa kekuatan dan formasi permeabilitas batuan, kelulusan terhadap air, stratifikasi veribilitas endapan tanah, kondisi air tanah, dan riwayat kelongsoran selanjutnya dilakukan

pemilihan terhadap metode yang akan dipakai dan sesuai dengan keadaan setempat. Apabila yang diatasi gangguan di dasar diperlukan pertimbangan pengetahuan dan pengalaman yang diperlukan untuk mendesain pemotongan lereng dengan mengukur kondisi stabilitas.

Satu metode kemungkinan hanya cocok untuk satu penyelesaian saja dan ada kemungkinan gagal untuk menyelesaikan kondisi yang lain. Perencanaan dan pembangunan jalan, jalan kereta api, yang membutuhkan pemotongan lereng perlu dipersiapkan, agar ada penyesuaian dengan kondisi yang sebenarnya, antara lain dengan melakukan perubahan kelandaian lereng.

Pengaruh Tanah dan Geolog pada Drainase

Tanah dan geologi dimana lereng berada, mempunyai pengaruh secara umum pada bentuk dari drainase yang berkembang secara alamiah dan akan efektif pada lereng buatan. Penghalang kedap air diluar lereng dapat memberi pengaruh pada drainase alami, kenaikan kelembaban pada umumnya atau akibat adanya genangan air akan terbentuk di dalam lereng, apabila kondisi ini terjadi, stabilitas lereng akan diperbaiki dengan drainase.

Diagram kiri menunjukkan penutupan oleh lapisan kedap air dasar batu cadas yang lulus air dan pada sisi kanan, batuan kedap air dengan pertemuan lulus air tetapi tidak memiliki jalan keluar. Pada bidang AB disisi dalam yang tertutup oleh lapisan kadap air. Tanpa adanya drainase buatan untuk mengalirkan air, tekanan air akan membahayakan kedudukan yang tinggi pada bidang AB, akan mengakibatkan runtuhnya lereng apabila tekanan air tersebut tidak berkurang. Kondisi ideal dari geologi tanah yang menimbulkan genangan air tanah di dalam lereng ditunjukkan pada gambar 11

Gb. 11. Drainase mendatar untuk menurunkan muka air

Dilakukan suatu drainase mendatar seperti tertera pada gambar 11.a. tekanan hidrostatis akan berkurang seperti yang ditunjukkan oleh gambar 11.c. langkah yang dilakukan merupakan usaha untuk stabilisasi lereng.

Dengan drainase mendatar ternyata dapat mengalirkan air sebesar 200.000 gal/hari dalam periode singkat, pada kondisi lain ternyata hanya menghasilkan aliran 5 gpm atau bahkan ada yang lebih kecil, karena tidak diperlukan keluaran air dalam jumlah yang besar. Yang diharapkan adalah suatu usaha untuk mengatasi gangguan kestabilan lereng.

Hukum Darcy

Drainase dengan pasir tegak memiliki suatu kapasitas debit yang cocok untuk mengalirkan air yang sampai padanya, dalam menelaah aliran air di bawah permukaan tanah digunakan hukum Darcy dan jaringan aliran.

$$Q = k i A$$

Q debit aliran (cuft/dr)

k perstabilitas tanah (ft/hr)

i gradien hidraulik aliran (ft/ft)

atau dengan menggunakan factor bentuk

$$Q = kh \left(\frac{n_f}{n_d} \right)$$

$\frac{n_f}{n_d}$ merupakan faktor bentuk dari aliran

Jika penimbunan pasir tidak memberikan kepastian yang sesuai secara ekonomis untuk mengalirkan air di bawah permukaan tanah, dibuat pipa berlubang disekitarnya dan dipasang material saringan.

Material saringan yang digunakan perlu mempunyai suatu angka perstabilitas yang cocok untuk mengalirkan air tanah di bawah permukaan yang secara bebas masuk ke dalam pipa. Jika permeabilitas dari material diketahui, kemampuan untuk mengalirkan air ke dalam pipa dapat diperkirakan dengan hukum Darcy. Pada gambar 12. a. Dan 12. b. Diberikan grafik yang dapat digunakan untuk memperkirakan aliran air di bawah permukaan di dalam pipa melalui material saringan dengan angka permeabilitas yang diketahui.

Gb. 12. Grafik faktor bentuk dan debit

Kesimpulan

1. Muka air tanah di dalam lereng, yang asli maupun buatan akan mengurangi kestabilan lereng dan seringkali menjadi penyebab terjadinya kelongsoran.
2. Lereng yang didrainase dengan baik akan lebih stabil dari pada lereng dengan drainase yang minimal dan lebih tahan terhadap kemungkinan terjadinya kelongsoran pada saat terjadinya gempa.
3. Konstruksi dari sistem drainase yang cocok dan didasarkan pada analisis aliran di bawah permukaan, merupakan suatu langkah yang baik dalam rangka melindungi penduduk dan harta benda disekitarnya dari kelongsoran yang berbahaya.
4. Drainase sistem terowongan, sumuran dan mendatar sangat efektif untuk memperbaiki kestabilan lereng yang mempunyai kandungan air tanah.
5. Detail tanah dan geologi memberi pengaruh pada bentuk drainase yang akan dikembangkan di dalam lereng dan efektifitas sistem drainase yang dipilih.

Saran

1. Sistem piezometer perlu dipasang pada lereng-lereng yang penting yang disekitarnya masih dimanfaatkan untuk kepentingan sebagai tempat tinggal, tempat peristirahatan dan lain sebagainya.
2. Di dalam memilih sistem drainase diperlukan suatu kecermatan, keahlian dan pengalaman yang memadai serta didukung oleh data detail hasil survei.

Daftar Pustaka

- ASEA, Advance in Drainage, Willardson L. S. Desember, 1982
- Cedergren H.R., Drainage of Highway and Airfield Pavement, Jonh Wiley & Sons, New York, 1974
- Cedergren H.R., Seepage, Drainage and Flow Nets, Jonh Wiley & Sons, New York, 1967
- Featherstone, R.E , A. James: Urban Drainage System, Pitmen Advance Publishing Program, London 1982
- James, N. L.: Drainage Engineering, Wiley Eastern Pivate Limited, New Delhi, 1970. London 1982.