

**PEMBUKTIAN ANGGAPAN ANALISA GEOTEKNIK
(PERGERAKAN TANAH) MENGGUNAKAN MODEL FIZIKAL**

Oleh

AKHTARUL NORFAIZA BINTI CHE NEN

Disertasi ini dikemukakan kepada

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat

Keperluan untuk ijazah dengan kepujian

SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN AWAM)

Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam

Universiti Sains Malaysia

Mei 2006

PENGHARGAAN

Dengan nama Allah Yang Maha Pemurah Dan Maha Penyayang. Dengan keizinan-Nya dan kesempatan yang diberikan oleh-Nya, maka saya telah berjaya menyiapkan kajian projek tahun akhir ini dengan jayanya

Dikesempatan ini, saya juga ingin mengucapkan setinggi-tinggi penghargaan dan ucapan ribuan terima kasih tak terhingga kepada pihak-pihak yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam menjayakan projek ini. Antaranya

- i. Prof. Madya Dr. Ir. Mohd. Razip Selamat selaku penyelia projek tahun akhir yang banyak memberi segala tunjuk ajar, nasihat, panduan dan dorongan yang sangat bermakna dari awal hingga akhir pelaksanaan projek ini.
- ii. Juruteknik makmal geoteknik, En. Ahmad Halmi Ghazali, dan En. Dziauddin Zainol Abidin yang banyak memberi tunjuk ajar, bantuan dan kerjasama sepanjang saya menjalankan kajian serta juruteknik-juruteknik Pusat Pengajian Awam yang turut membantu menjayakan projek ini.
- iii. Saudari Salmia Beddu , rakan yang sama-sama menjalankan kajian dan banyak memberi tunjuk ajar
- iv. Semua pensyarah Pusat Pengajian Awam dan Rakan-rakan seperjuangan yang turut membantu secara tidak langsung melaksanakan projek ini dengan sempurna dan jayanya.

- v. Kedua ibu bapa serta keluarga yang banyak memberi dorongan dan kata-kata semangat

Akhir kata, jutaan terima kasih buat semua yang terlibat. Jasa dan budi kalian semua dikenang buat selama-lamanya.

ABSTRAK

Beberapa kajian model fizikal dijalankan bagi membuktikan teori analisa geoteknik tentang pergerakan sisi menurut Rankine. Secara umumnya, kajian ini adalah dibuat bagi melihat pergerakan tanah dan permukaan gelongsoran bagi membuktikan teori analisa geoteknik yang telah sedia ada. Ujian bebanan di dapati dapat menunjukkan enapan tanah berdasarkan tekanan tegak di bawah beban permukaan. Enapan lebih tinggi di dapati pada bahagian yang mempunyai tekanan lebih tinggi sementara di bahagian tekanan lebih rendah enapannya adalah kurang. Tekanan tinggi di bahagian tengah di bawah bebanan dan tekanan yang kurang di bahagian tepi adalah menurut agihan beban yang terbentuk seperti mentol atau 'stress bulb'. Walau bagaimanapun ujian yang sama gagal menunjukkan dengan jelas permukaan gelongsoran ke arah sisi walaupun tekanannya dapat direkodkan. Walau bagaimanapun, sudut rehat selepas pergerakan bagi pasir boleh diperolehi daripada ujian yang dilakukan di mana sudut ini adalah penting untuk kerja-kerja pembinaan. Kehadiran zarah longgar dan zarah mampat yang teragih semasa ujian dapat juga dibuktikan. Secara keseluruhan teori analisa geoteknik tentang pergerakan tanah tidak dapat dilihat dengan jelas bagi membuktikannya melalui model-model yang telah dibina. Untuk melihat pergerakan yang lebih jelas beberapa penambahbaikan perlu dilakukan dalam kajian khususnya bagi membuktikan teori analisa geoteknik tentang pergerakan tanah. Saiz model haruslah lebih besar dan tempoh pemerhatian secara berterusan haruslah berjalan selama sekurang-kurangnya satu bulan.

ABSTRACT

A number of tests were conducted on physical models to verify various phenomena associated with soil movements in geotechnical engineering. Generally, the purpose was to observe movement and sliding surfaces during geotechnical processes. The load test on a model soil showed that soils settlement is having a higher magnitude in the middle right below the loading. Thus, the higher stress has resulted in greater settlement. The result partly verifies the 'stress bulb' but in way of observing settlement. The same test however failed to show the lateral sliding movement. A second experiment has resulted in angle of repose determined during the test. Angle of repose is important for construction works. Loose and dense soil grain distribution inside the material can also be observed. The overall result however failed to show any clear movement of soil during failure either in passive or active Rankine state. To improve the performance of the tests, the model should be larger than already constructed and period of observation should also be larger, say at least a month.

KANDUNGAN

ISI KANDUNGAN	MUKA SURAT
PENGHARGAAN	
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KANDUNGAN	iv
SENARAI RAJAH	ix
SENARAI LAMPIRAN	
BAB 1	
PENGENALAN	1
1.0 PENGENALAN	1
1.1 OBJEKTIF KAJIAN	2
1.2 SKOP KAJIAN	
1.2.1 BAHAGIAN TEORI	2
1.2.2 BAHAGIAN KAJIAN	2
1.3 RINGKASAN BAB	3
BAB 2	
KAJIAN LITERATUR	4
2.0 PENGENALAN	4
2.1 JENIS-JENIS TANAH	4
2.2 KEKUATAN RICIH TANAH	5
2.3 CERUN	8
2.3.1 KESTABILAN CERUN	8
2.3.2 KEGAGALAN CERUN	9

2.3.3	SATAH KEGAGALAN CERUN	10
2.3.4	MEKANISME KEGAGALAN CERUN	11
2.3.5	JENIS-JENIS KEGAGALAN CERUN	
	POTONGAN TANAH	14
2.3.6	JENIS KERUNTUHAN CERUN	15
2.3.7	PUNCA KEGAGALAN CERUN	19
	2.3.7.1 KEJADIAN SEMULA JADI	19
	2.3.7.2 AKTIVITI MANUSIA	20
2.3.8	KESIMPULAN	21
2.4	TEKANAN SISI TANAH	21
2.4.1	TEORI RANKINE	25
	2.4.1.1 PERMUKAAN TANAH MENDATAR	26
	2.4.1.2 SURCHARGE PADA PERMUKAAN	
	TANAH	30
	2.4.1.3 TEKANAN SISI TANAH STATIK	31
2.4.2	KESIMPULAN	32
2.5	TEORI KEADAAN GENTING	33
2.6	SUDUT REHAT	36
2.7	AGIHAN TEKANAN DALAM TANAH	36
BAB 3	METODOLOGI KAJIAN	38
3.0	PENENTUKURAN TRANSDUSER	38
3.1	KETUMPATAN PASIR	38
3.2	UJIAN RICIH TERUS	39
3.3	PEMBINAAN MODEL	40

3.4	UJIAN PERGERAKAN PASIR DALAM KEADAAN PEGUN	41
3.5	UJIAN PERGERAKAN PASIR DALAM KEADAAN AKTIF DAN PASIF	41
3.6	UJIAN PERGERAKAN PASIR UNTUK KECERUNAN	42
3.7	UJIAN PERGERAKAN PASIR UNTUK KEADAAN PEGUN (LAPISAN PASIR)	42
3.8	UJIAN PERGERAKAN PASIR UNTUK DALAM KEADAAN AKTIF DAN PASIF (LAPISAN PASIR)	43
3.9	UJIAN PERGERAKAN TANAH UNTUK KECERUNAN	43
3.10	UJIAN PERGERAKAN TANAH DI LAPANGAN	44
3.11	UJIAN PERGERAKAN TEPUNG GANDUM MENGGANTIKAN TANAH LIAT	44
BAB 4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	49
4.1	PEMERHATIAN	49
4.1.1	DALAM KEADAAN PEGUN	49
4.1.2	DALAM KEADAAN PEGUN (UNTUK LAPISAN BERLAINAN SAIZ)	50
4.1.3	KEADAAN TEKANAN PASIF	51
4.1.4	KEADAAN TEKANAN PASIF (UNTUK LAPISAN BERLAINAN SAIZ)	52

4.1.5 KEADAAN TEKANAN AKTIF	53
4.1.6 KEADAAN TEKANAN AKTIF (UNTUK LAPISAN BERLAINAN SAIZ)	54
4.1.7 KEADAAN CERUN (BAGI PASIR)	55
4.1.8 KEADAAN CERUN (UNTUK TANAH)	56
4.1.9 KEADAAN DI LAPANGAN	57
4.1.10 KEADAAN UNTUK UJIAN BAGI TEPUNG GANDUM	58
4.2 PERBINCANGAN	59
4.2.1 ZARAH TANAH	59
4.2.2.PERBANDINGAN ANTARA TEKANAN PASIF, AKTIF DAN PEGUN	61
4.2.3 AGIHAN TEKANAN DALAM TANAH	62
4.2.4 SUDUT REHAT	64
4.2.5 KEKUATAN RICIH	64
4.2.5.1 NILAI SUDUT GESERAN BAGI PASIR	65
4.2.5.2 NILAI KEJELEKITAN BAGI PASIR	65
4.2.5.2.1 KEWUJUDAN BAHAN ATAU MINERAL ASING	66
4.2.5.2.2 KEWUJUDAN AIR DALAM PASIR	66

	4.2.6 FAKTOR-FAKTOR YANG PERLU DIAMBIL KIRA DALAM ANALISIS KESTABILAN CERUN	67
BAB 5	KESIMPULAN DAN CADANGAN	69
	5.0 KESIMPULAN	69
	5.1 CADANGAN	70
	RUJUKAN	
	LAMPIRAN A	
	LAMPIRAN B	

SENARAI RAJAH

<i>Rajah</i>	<i>Tajuk</i>	<i>Muka Surat</i>
2.2.1	Kekuatan Ricih	6
2.3.4.1	Runtuhan	11
2.3.4.2	Gelinciran peralihan	13
2.3.5.1	Bentuk kegagalan cerun potong	15
2.3.6.1	Bentuk keruntuhan cerun	17
2.4.1	Tegasan tegak dan tegasan sisi	21
2.4.2	Plotan Bulatan Mohr	24
2.4.1.1.1	Bulatan Mohr untuk situasi permukaan tanah mendatar	26
2.4.1.1.2	Tekanan aktif Rankine	27
2.4.1.1.3	Tekanan pasif Rankine	28
2.4.1.2.1	Kesan beban surcharge ke atas taburan tegasan sisi tanah	30
2.4.1.3.1	Hubungan antara tekanan sisi dengan pekali sisi	31
2.5.1	Londar alah untuk Cam Clay	35
2.5.2	Lengkung tekanan-terikan bagi ujian ricih tanah	35
3.4.1	Medium untuk ujian pergerakan pasir dalam keadaan pegun	45
3.5.1	Medium untuk pergerakan pasir dalam keadaan pasif dan aktif	45
3.5.2	Pergerakan aktif	45
3.5.3	Pergerakan pasif	46
3.6.1	Medium untuk pergerakan pasir untuk kecerunan	46

<i>Rajah</i>	<i>Tajuk</i>	<i>Muka Surat</i>
3.7.1	Medium untuk pergerakan pasir dalam keadaan pegun (untuk lapisan)	46
3.8.1	Medium untuk pergerakan pasir dalam keadaan pasif dan aktif (untuk lapisan)	47
3.8.2	Pergerakan aktif (untuk lapisan)	47
3.8.3	Pergerakan pasif (untuk lapisan)	47
3.10.1	Medium untuk pergerakan tanah di lapangan	48
3.11.1	Medium untuk pergerakan tepung gandum	48
3.11.2	Menunjukkan tandaan skala	48
4.1.1	Menunjukkan pergerakan pasir dalam keadaan pegun	49
4.1.2	Menunjukkan pergerakan pasir dalam keadaan pegun (untuk lapisan berlainan saiz)	50
4.1.3	Menunjukkan pergerakan semasa tekanan pasif	51
4.1.4	Menunjukkan pergerakan semasa tekanan pasif (untuk lapisan berlainan saiz	52
4.1.5	Menunjukkan pergerakan semasa tekanan aktif	53
4.1.6	Menunjukkan pergerakan semasa tekanan pasif (untuk lapisan berlainan saiz)	54
4.1.7	Menunjukkan pergerakan pasir dalam keadaan cerun	55
4.1.8	Menunjukkan pergerakan tanah dalam keadaan cerun	56
4.1.9	Menunjukkan pergerakan tanah di lapangan	57

<i>Rajah</i>	<i>Tajuk</i>	<i>Muka Surat</i>
4.1.10	Menunjukkan pergerakan tepung gandum	58
4.2.1 a	Zarah longgar	60
4.2.1 b	Zarah padat	60
4.2.3.1	Pergerakan pasir dalam keadaan pegun mengenai tekanan tegak di bawah beban luas permukaan	63
4.2.5.2.1	Menunjukkan gabungan mineral atau bahan asing dengan butiran-butiran pasir	66

SENARAI LAMPIRAN

<i>Rajah/Jadual</i>	<i>Tajuk</i>
A1	Mesin ricih terus yang digunakan dalam ujian ricih terus
A2	Kotak ricih dan radas yang digunakan untuk ujian ricih terus
A3	Bikar yang digunakan untuk mencari ketumpatan pasir
A4	Model pertama yang dibina menggunakan pengadang kayu
A5	Model kedua yang dibina menggunakan bingkai kayu
A6	Transduser serta dinding untuk ujian tekanan
A7	Data logal untuk mengambil bacaan tekanan dalam unit Mikrostrain
A8	Pemasangan transduser dan data logal
B1	Menunjukkan nilai-nilai tipikal bagi sudut geseran bagi pasir dan Lempung
B2	Data untuk ujian ricih terus bagi beban 14.476 kg
B3	Graf anjakan mendatar melawan anjakan mengufuk (beban 14.476 kg)
B4	Data untuk ujian ricih terus bagi beban 24.476 kg
B5	Graf anjakan mendatar melawan anjakan mengufuk (beban 24.476 kg)
B6	Data untuk ujian ricih terus bagi beban 34.476 kg
B7	Graf anjakan mendatar melawan anjakan mengufuk (beban 34.476 kg)

- B8 Data tegasan ricih dan tegasan normal bagi ujian ricih terus
- B9 Graf tegasan ricih melawan tegasan normal untuk ujian ricih terus bagi pasir

BAB 1

PENGENALAN

1.0 Pengenalan

Istilah tanah merujuk kepada mendakan yang secara nisbi adalah lembut, longgar dan tidak terikat serta dapat dikorek dengan tangan atau menggunakan peralatan mudah. Tanah terbentuk daripada penyepaian batu akibat tindakan pelbagai agen semula jadi seperti air, angin, fros, pertukaran suhu dan graviti. Oleh itu, ia terdiri daripada satu rangkaian zarah pepejal yang memagari lompong atau liang. Tanah terbahagi kepada dua iaitu tanah berjeleket dan tanah tidak berjeleket. Bagi kajian ini, tanah jenis berjeleket dan tidak berjeleket digunakan seperti pasir sungai, tanah laterit dan tepung gandum bagi menggantikan tanah liat untuk melihat dan mengkaji pergerakan tanah. Tanah adalah merupakan salah satu daripada bahan yang tertua tetapi penting dalam kejuruteraan awam. Hampir kesemua pembinaan kejuruteraan awam dibina di atas tanah. Oleh itu pergerakan tanah di sesuatu kawasan adalah penting sebelum sesuatu pembinaan kejuruteraan awam dibina di atas tanah tersebut adalah selamat, berkualiti dan mampu menampung sebarang beban dalam sebarang keadaan sekali pun untuk tempoh jangka panjang.

1.1 Objektif kajian

Objektif kajian ini adalah seperti berikut:

- i. Untuk membuktikan kebenaran anggapan analisa geoteknik dibuat terhadap pergerakan tanah.

1.2 Skop kajian

1.2.1 Bahagian Teori

Peringkat ini melibatkan pemahaman terhadap analisa geoteknik mengenai pergerakan tanah yang telah sedia ada dan segala konsep pergerakan tanah dan permukaan gelongsoran secara teorinya.

1.2.2 Bahagian kajian

Sebuah model dibina bagi menjalankan ujian-ujian untuk melihat dan mengkaji pergerakan tanah. Selain itu, ujian ricih terus untuk pasir dan tanah juga dilakukan serta ketumpatan pasir dan tanah dicarikan.

1.3 Ringkasan Bab

Bab satu menerangkan tentang pengenalan untuk kajian ini. Bab kedua saya membincangkan tentang kajian literatur yang telah dilakukan seperti jenis-jenis tanah, kekuatan ricih tanah, cerun, tekanan sisi tanah dan pergerakan aktif dan pergerakan pasif berdasarkan beberapa teori.

Bab ketiga menerangkan tentang metodologi atau kaedah-kaedah yang digunakan untuk mendapatkan keputusan kajian ini. Keputusan dan analisis serta perbincangan telah diselitkan dalam bab keempat.

Akhirnya kesimpulan dan cadangan hasil kajian dipersembahkan dalam bab yang kelima.

BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.0 Pengenalan

Bab ini akan menjelaskan tentang kajian literatur yang telah dilakukan. Antaranya yang terkandung adalah jenis-jenis tanah, kekuatan ricih tanah, agihan tekanan dalam tanah, sudut rehat, cerun, tekanan sisi tanah dan termasuk pergerakan aktif dan pergerakan pasif tanah berdasarkan beberapa teori. Pergerakan tanah adalah penting untuk faktor keselamatan, ekonomi dan penyelenggaraan.

2.1 Jenis-jenis tanah

Secara umum, terdapat tiga jenis tanah konvensional yang dikelaskan mengikut daya rintangan yang wujud dalam jisim tanah tersebut.

- i. Tanah berbutir kasar (cohesionless soil), $c = 0$
- ii. Tanah berjelekit (cohesive soil), $\phi = 0$
- iii. Tanah biasa (c, ϕ)

Kebanyakan tanah berbutir kasar seperti pasir mempunyai kekuatan ricih yang bergantung kepada sudut geseran dalam. Bagi kebanyakan tanah liat pula, walaupun sebahagian daripada kekuatan ricihnya adalah sudut geseran dalam, tetapi ia didapati hanya mempunyai rintangan daripada silang jelekitan apabila

dikenakan beban di dalam keadaan di mana kandungan lembapan tidak berubah. Untuk tanah biasa, gabungan kedua-dua parameter membentuk kekuatan ricihnya (Liu,2004; Budhu,2000).

2.2 Kekuatan Ricih Tanah

Kekuatan tanah bergantung kepada kekuatan rintangan untuk merintang beban yang dikenakan ke atasnya. Kekuatan ricih wujud hasil daripada geseran antara zarah-zarah dan juga rekatan antara zarah bagi tanah berjelekit. Kekuatan ricih ditakrifkan daya rintangan maksimum per unit luas tanah yang dapat dihasilkan oleh tanah tersebut untuk menghalang kegagalan kegelinciran di sepanjang satah dalamnya. Kegagalan kestabilan tanah wujud apabila daya ricih kenaan melampaui keupayaan ricih tanah (Liu,2004).

Coulomb (1776) telah memperkenalkan ungkapan kekuatan ricih tanah, (τ) pada satu titik di atas satah tertentu sebagai rangkap lurus tegasan normal, (σ) di atas satah pada titik yang sama, iaitu :

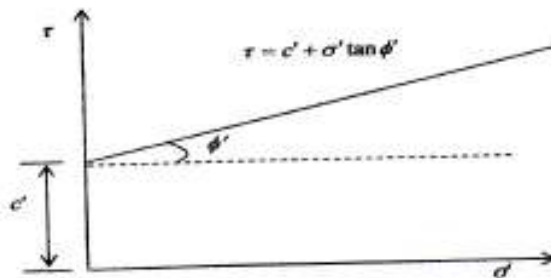
$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \qquad \text{pers. (2.2.1)}$$

Dengan c dan ϕ ialah parameter kekuatan ricih, masing-masing diterangkan sebagai kejelekitan tanah dan sudut geseran dalaman tanah. Kejelekitan tanah adalah rintangan yang disebabkan daya-daya yang cenderung untuk memegang partikel-partikel tersebut bersama di dalam jisim tanah. Manakala sudut geseran dalaman tanah merupakan daya rintangan yang disebabkan oleh sifat saling mengunci di antara partikel-partikel tanah.

Tetapi menurut konsep asas Terzaghi, tegasan ricih di dalam tanah hanya boleh dirintangi oleh rangka zarah-zarah tanah. Oleh sebab itu, kekuatan ricih diungkap sebagai rangkap tegasan normal berkesan.

$$\tau_f = c' + \sigma' \tan \phi' \quad \text{pers.(2.2.2)}$$

dengan c' dan ϕ' ialah parameter-parameter kekuatan ricih di dalam sebutan tegasan berkesan.



Rajah 2.2.1 Kekuatan ricih (Hamzah,1992;Ramli,1992)

Rintangan terhadap tegasan ricih yang ditunjukkan oleh tanah terbentuk daripada dua bahagian iaitu geseran dalaman dan kejelekitan. Kejelekitan tanah merujuk kepada sifat tanah yang menyebabkan daya geseran wujud daripada ikatan ion di antara zarah-zarah tanah tanpa tindakan sebarang daya luar.

Sementara sudut geseran dalaman pula merupakan sifat tanah yang menghasilkan geseran di antara tanah dengan objek yang disentuh. Bagi tanah jelekit seperti tanah liat dan tanah kelodak, kekuatan ricihnya bergantung kepada kedua-dua sifat kejelekitan dan sudut geseran dalaman tanah. Tanah-tanah ini memperlihatkan kekuatan ricih walaupun tegasan normal ke atas satah tanah yang dipertimbangkan adalah bernilai sifar. Maka, potongan tegak mungkin dapat di buat ke atas kelodak dan tanah liat yang mana sebahagian besar kekuatan ricih tanah itu bergantung kepada sifat kejelekitan, c .

Berbeza dengan tanah berjelekit, pemotongan secara menegak tidak dapat dibuat ke atas tanah berbutir seperti pasir. Kekuatan tanah berbutir bergantung kepada sudut geseran dalaman tanah di mana sifat kejelekitan tanah berpasir adalah sangat kecil dan menghampiri sifar. Apabila tanah ini di potong tanpa ditupang, tebing tanah yang tegak tidak berupaya berdiri sendiri tetapi akan runtuh sehingga satu permukaan bercerun yang mencapai sudut rehatnya terbentuk. Mengikut prinsip asas mekanik tanah, sudut rehat ini dikenali sebagai sudut kegagalan. Bagi tanah berpasir ($c = 0$), sudut kegagalan θ ini ditakrifkan sebagai

$$\theta = 45^\circ + \phi/2$$

pers.(2.2.3)

2.3 Cerun

Cerun merupakan suatu permukaan tanah terdedah yang membentuk suatu sudut terhadap satah ufuk. Pada kebiasaannya, seseorang akan menjangkakan kegagalan hanya berlaku pada cerun yang curam, tetapi ini adalah tidak benar kerana terdapat banyak kes tanah runtuh yang berlaku pada cerun yang landai. (Dunn et.al,1980)

2.3.1 Kestabilan cerun

Definisi cerun digunakan bagi merujuk jisim tanah, sama ada semulajadi atau buatan manusia yang mana permukaannya membuat satu sudut dengan satah ufuk. Kestabilan cerun perlu dianalisis untuk beberapa aktiviti-aktiviti kejuruteraan seperti berikut:

- i. Rekabentuk empangan tanah dan benteng
- ii. Analisis kestabilan cerun yang ditambah
- iii. Analisis kestabilan cerun yang dikorek

Faktor keselamatan ditentukan untuk kedudukan-kedudukan satah kegagalan yang berbeza dianggap sehingga memperolehi satu nilai faktor keselamatan yang paling kecil bagi mengenalpasti kestabilan sesebuah cerun.

Pada amnya faktor keselamatan yang melebihi 1.5 dianggap mempunyai cerun yang stabil(Hamzah,1992;Ramli,1992).

2.3.2 Kegagalan Cerun

Pergerakan tanah pada cerun boleh berlaku melalui empat cara di mana kadang-kala ianya berlaku serentak atau berasingan:

- i. Pergerakan atau runtuh batu
- ii. Kegagalan ricih pada permukaan geologi
- iii. Kegagalan ricih mendatar
- iv. Pergerakan kecil secara grid, juga dikenali sebagai rayapan (creep).

2.3.3 Satah kegagalan cerun

Di dalam cerun-cerun semulajadi dan cerun yang terbentuk dari pengorekan, tambahan dan empangan, daya-daya graviti dan resipan selalunya menyebabkan ketakstabilan. Mengikut Terzaghi (1948) faktor-faktor kegagalan cerun dibahagikan kepada dua iaitu faktor penambahan tegasan tanah dan faktor dari sudut kehilangan kekuatan ricih tanah.

Faktor-faktor ini menyebabkan beberapa perubahan yang berlaku di atas permukaan tanah. Keadaan ini wujud apabila beban luar menambah berat unit tanah dan seterusnya mengganggu kemampatan cerun berkenaan. Satah kegagalan cerun wujud apabila tegasan ricih kenaan melampaui kekuatan ricih yang dimiliki oleh tanah.

2.3.4 Mekanisme kegagalan cerun

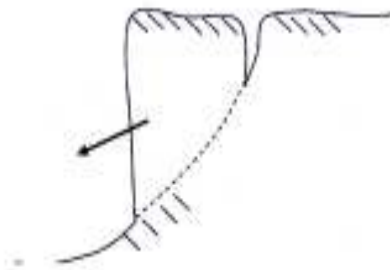
Bentuk-bentuk kegagalan dikelaskan kepada tiga jenis iaitu:

- i. Runtuhan
- ii. Gelinciran
- iii. Aliran

i. Runtuhan

Apabila cerun sangat curam runtuhan tanah atau batuan biasanya wujud. Runtuhan merupakan keadaan apabila tanah tertanggal terus daripada cerun dan jatuh (Whitlow,2001). Bahan yang bergerak akan berasing daripada bahan asal secara gelinciran dan seterusnya menyebabkan permukaan ricih terbentuk.

Tindakan tarikan juga menyebabkan bahan terasing daripada permukaan cerun. Satu unjuran akan wujud di bahagian bawah cerun yang mengakibatkan hakisan atau pemindahan juzuk tanah di kaki cerun kerana penambahan darjah kecuraman.



Rajah 2.3.4.1 Runtuhan

ii. Gelinciran

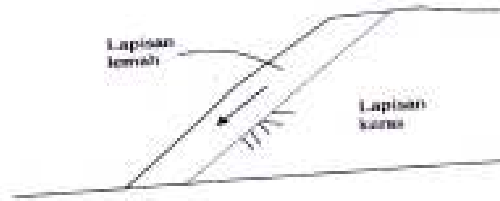
Gelinciran biasanya terjadi akibat anjakan di mana berlakunya pergerakan linear terutamanya pada tanah cetek. Pergerakan ini adalah terdiri daripada terikan ricih dan seterusnya wujud anjakan pada satu atau lebih permukaan. Jenis-jenis kegagalan yang paling ketara adalah gelinciran putaran iaitu bulat dan tidak bulat, gelinciran majmuk dan gelinciran peralihan.

Dalam gelinciran putaran bentuk permukaan kegagalan secara keratan boleh berbentuk arka bulat atau tidak bulat. Pada amnya, gelinciran bulat adalah bergabung dengan keadaan tanah yang homogen dan gelinciran tak bulat dengan keadaan tak homogen. Gelinciran-gelinciran peralihan dan majmuk berlaku dengan bentuk permukaan kegagalan dipengaruhi oleh kehadiran stratum bersebelahan yang mempunyai kekuatan yang sangat berbeza.

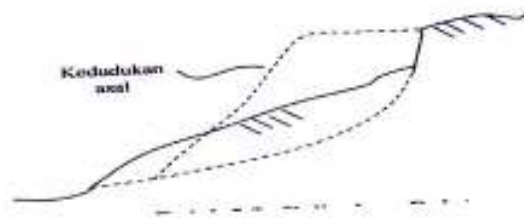
Gelinciran peralihan berlaku apabila stratum bersebelahan adalah pada kedalaman yang setara relatifnya cetek, di bawah permukaan cerun. Bagi cerun yang terdiri daripada tanah berbutir, kegelinciran peralihan lapisan-lapisan tanah berdekatan dengan permukaan tanah dengan satah kegagalan yang menyatah sering dijumpai.

Gelinciran majmuk pula selalunya berlaku apabila stratum bersebelahan adalah pada kedalaman yang besar di mana permukaan kegagalan mengandungi keratan berbentuk lengkung dan satah. Selain dari itu terdapat juga berlakunya

kegagalan cerun yang berbentuk gelinciran bajian untuk situasi tanah yang tidak homogen (Whitlow,2001).



Rajah 2.3.4.2 Gelinciran peralihan



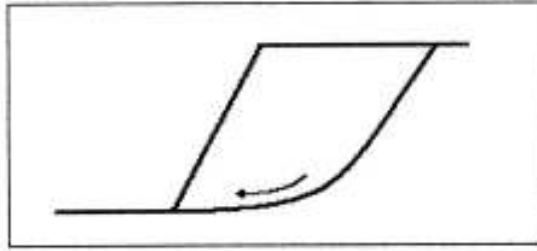
Rajah 2.3.4.3 Gelinciran Bulat

iii. Aliran

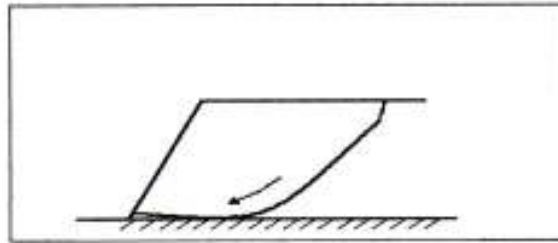
Aliran merupakan satu pergerakan jisim tanah yang kompleks, di mana selalunya melibatkan ubahbentuk dalam dan ia lebih besar berbanding dengan kes gelinciran. Aliran disebabkan oleh kandungan air sangat tinggi yang menyebabkan tanah bertindak seperti cecair. Terdapat beberapa jenis tanah yang meresap dengan air apabila dikacau atau semasa retakan terjadi. Situasi ini menyebabkan gelinciran berlaku dan tanah akan pecah serta membentuk aliran yang berair(Whitlow,2001).

2.3.5 Jenis-jenis kegagalan cerun potongan tanah

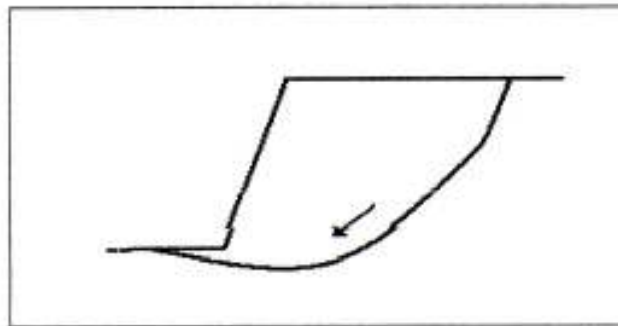
Daya-daya graviti dan resipan dapat menyebabkan ketakstabilan cerun. Rajah 2.3.5.1 menunjukkan beberapa jenis kegagalan lazim cerun. Apabila kegagalan berlaku pada cerun tanah liat yang homogen, didapati kebanyakan permukaan gelongsor berbentuk seperti arka bulatan, iaitu dalam mod gelongsor putaran (Craig, 1974). Sebaliknya tanah permukaan gelongsor dipengaruhi oleh stratum tanah bersebelahan yang mempunyai kekuatan berlainan, kegagalan mod translasi dan mod majmuk mungkin berlaku(Ikram,2001).



a : Kegagalan menerusi kaki cerun

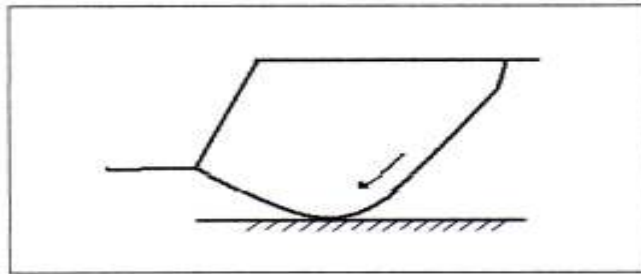


b : Kegagalan berbentuk tangen dengan dasar

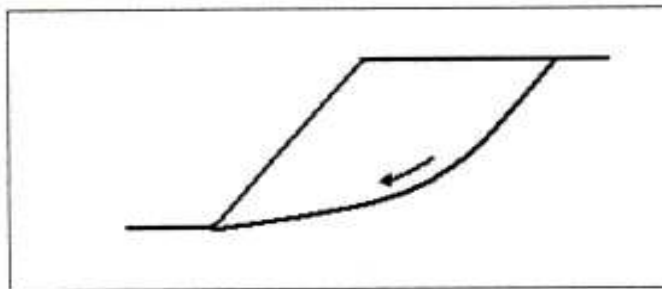


c : Kegagalan membulat dalam

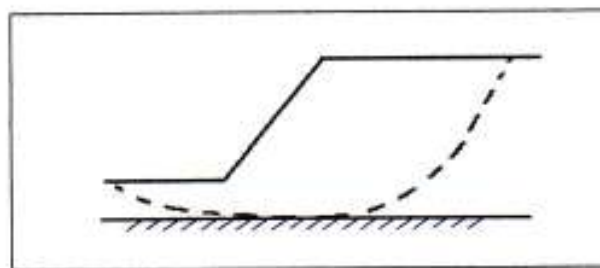
Rajah 2.3.5.1: Bentuk kegagalan cerun potong



d : Kegagalan berbentuk tangen dengan dasar

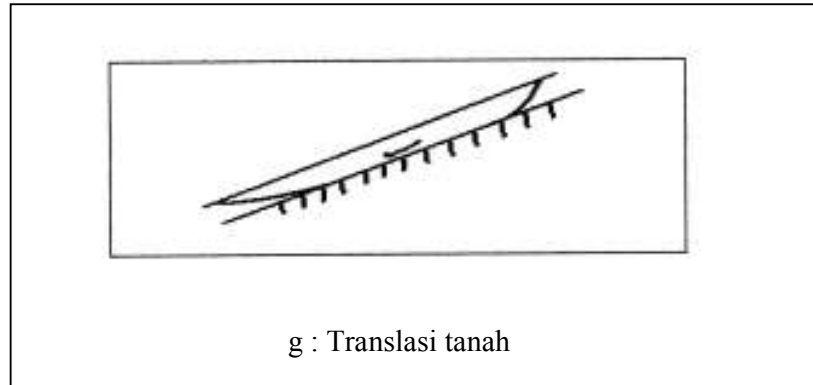


e : Kegagalan berbentuk putaran



f : Kegagalan berbentuk majmuk (terdiri dari pelbagai bentuk)

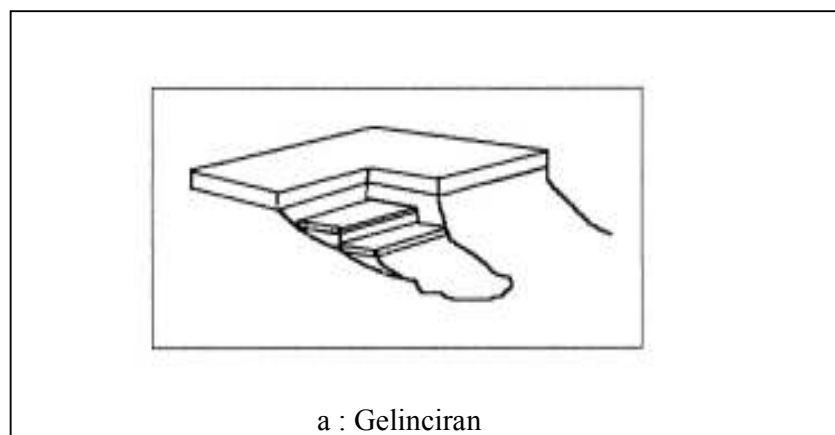
Rajah 2.3.5.1: Bentuk kegagalan cerun potong (sambungan)



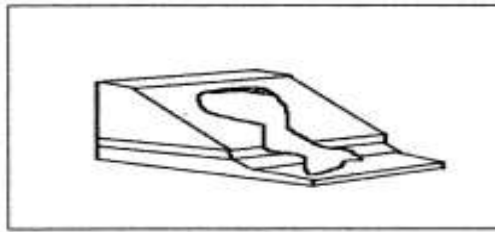
Rajah 2.3.5.1: Bentuk kegagalan cerun potong (sambungan)

2.3.6 Jenis Keruntuhan Cerun

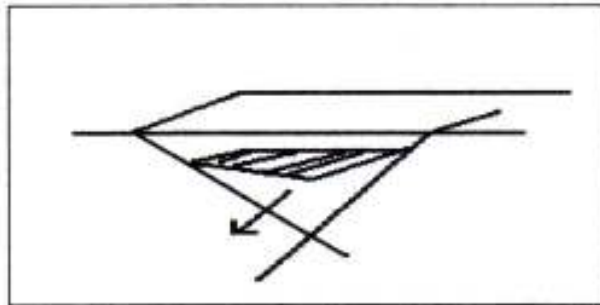
Semua cerun biasanya mengalami pergerakan tanah berpunca dari pelbagai faktor dan berbeza dari segi magnitud. Pergerakan tanah biasanya berlaku disebabkan oleh pengurangan kekuatan ricih tanah dan penambahan tegasan dalam tanah. Rajah 2.3.6.1 menunjukkan jenis-jenis pergerakan tanah yang sering berlaku (Aik.N.C,2003).



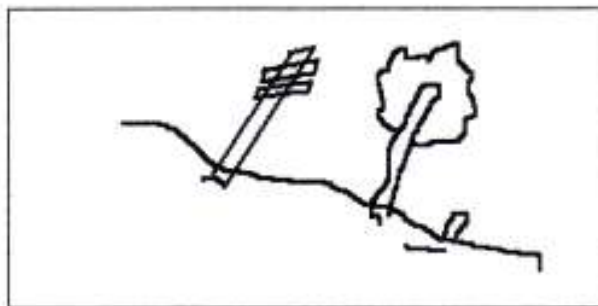
Rajah 2.3.6.1: Bentuk keruntuhan cerun



b : Aliran



c : Keruntuhan baji



d : Rayapan

Rajah 2.3.6.1: Bentuk keruntuhan cerun (sambungan)

2.3.7 Punca kegagalan cerun

Cerun yang stabil pada asalnya mungkin mengalami pergerakan yang dikenali sebagai kegagalan cerun atau runtuh. Kes tanah runtuh berlaku apabila daya-daya yang bertindak pada cerun menjadi tidak seimbang akibat kejadian semulajadi atau aktiviti manusia

2.3.7.1 Kejadian semulajadi

Sesetengah kegagalan cerun seperti tanah runtuh adalah disebabkan oleh kejadian semulajadi. Kejadian yang dimaksudkan di sini adalah seperti hakisan yang menyebabkan cerun menjadi semakin curam, pergerakan tektonik yang mengubah kecondongan cerun dan sebagainya. Sebenarnya kejadian-kejadian ini berkait rapat dengan beberapa keadaan iaitu topografi, geologi dan iklim. Sebagai contoh keadaan geologi sesuatu cerun tidak menunjukkan kemungkinan runtuh yang tinggi. Namun demikian, kegagalan tetap berlaku disebabkan oleh keadaan iklim terutamanya kelembapan tanah dan keamatan hujan.

2.3.7.2 Aktiviti manusia

Aktiviti manusia juga mengganggu kestabilan sesetengah cerun. Contoh aktiviti-aktiviti manusia yang mungkin menyebabkan ketidakstabilan cerun adalah seperti pemusnahan tanaman tutup bumi, penempatan tanah berlebihan di lereng-lereng bukit serta pengubahsuaian saluran semulajadi yang seterusnya mengakibatkan resapan air ke dalam cerun.

Di antara semua itu, kerja-kerja pemotongan yang dilakukan ke atas cerun adalah punca kegagalan cerun yang paling utama. Ini adalah kerana cerun berkenaan telah dipotong sehingga menjadi terlalu curam.

Sebenarnya cerun semulajadi pada asalnya hanya mempunyai faktor keselamatan lebih kurang 1.0 sahaja (Hunt, 1986).

Menurut Bromhead (1992) faktor utama terhadap ketidakstabilan cerun adalah seperti berikut:

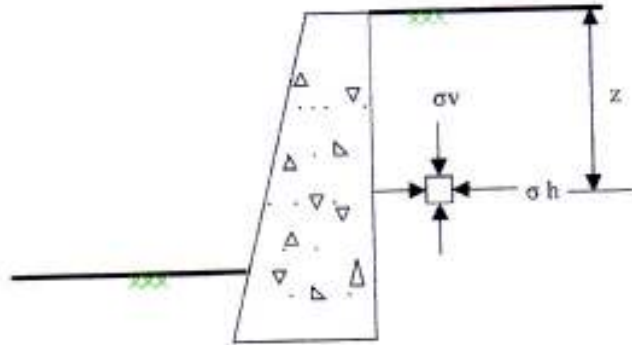
- a. Peningkatan tekanan air liang
- b. Perubahan terhadap sokongan pada kaki cerun sama ada kerana kerja-kerja korekan atau hakisan tanah
- c. Perubahan pada tanah atau kekuatan ricih

- d. Beban pada cerun sama ada kerana pergerakan isipadu pada tambakan atau potongan.
- e. Beban disebabkan gempa bumi.

2.3.8 Kesimpulan

Bagi menyemak kestabilan cerun terdapat beberapa kaedah yang boleh digunakan. Penghampiran tertentu digunakan oleh setiap kaedah ini dan ia memberikan faktor keselamatan dengan kejituan.

2.4 Tekanan sisi tanah



Rajah 2.4.1 Tegasan tegak dan tegasan sisi

Magnitud, arah dan agihan tekanan sisi tanah adalah mustahak dalam merekabentuk struktur-struktur seperti tembok penahan, silo dan satah rembat korekan yang terpaksa menyokong tanah (kambus balik) pada sudut cerun yang

melebihi daripada nilai sudut selamat. Tanpa kewujudan struktur ini, tanah akan kehilangan sokongan sisi dan seterusnya mengalami kegagalan. Oleh itu, struktur penahan tanah ini sentiasa terdedah kepada daya tegasan atau tujahan akibat tekanan sisi tanah.

Sehubungan dengan itu, tekanan sisi dikaitkan kepada tegasan yang wujud pada antara muka tanah dan struktur penahan. Bagi struktur kejuruteraan yang lain seperti empangan, dinding penahan dan sekatan air terpaksa menyokong air, tindakan daya sisi yang wujud daripada tekanan tanah dan air mesti diambil kira. Rajah menunjukkan sebuah tembok penahan dengan hulunya tegak, yang menopang tanah tanpa jelekit dengan permukaan yang mengufuk. Dalam keadaan seimbangan, tembok tersebut akan menahan tekanan sisi untuk keadaan pegun, tekanan sisi tanah, σ_v ialah:

$$\sigma_h = K_o \sigma_v \qquad \text{pers.(2.4.1)}$$

dengan K_o ialah tekanan sisi pegun dan σ_v ialah tegasan pugak tanah yang bersamaan dengan γz . Tanah yang berada di hulu tembok adalah sama dengan tanah yang berada di depan tembok.

Disebabkan perbezaan aras tanah pada kedua-dua belah tembok bagi sesuatu kedalaman, z tertentu tekanan sisi yang bertindak di belakang tembok adalah jauh lebih besar daripada tekanan sisi yang bertindak di hadapan tembok. Oleh itu tembok tersebut cenderung untuk bergerak ke hadapan. Tanah yang berada di

belakang tembok akan mengembang ke arah sisi manakala tanah yang berada di hadapan tembok akan termampat.

Semasa perkara ini berlaku, tekanan sisi yang bertindak di belakang tembok akan berkurang beransur-ansur sehingga mencapai nilai maksimum yang dikenali sebagai tekanan aktif dan corak jenis ini adalah kegagalan pertama. Tekanan tanah di hadapan tembok akan bertambah beransuran sehingga mencapai nilai maksimum yang disebut sebagai tekanan pasif dan corak jenis ini adalah kegagalan kedua. Situasi di atas menggambarkan terdapat dua fenomena kegagalan tanah yang mungkin wujud dan dianggap nilai tegasan pugak, σ_v pada kedalaman, z adalah tetap. Rajah telah menunjukkan kesan pergerakan tembok terhadap tekanan sisi tanah.

Tekanan sisi yang mengecil beransuran sehingga mencapai suatu tegasan minimum iaitu apabila bulatan mentangen kepada sampel kegagalan tanah tersebut seperti yang ditunjukkan. Tegasan minimum ini digelar sebagai tekanan sisi aktif tanah, σ_a iaitu:

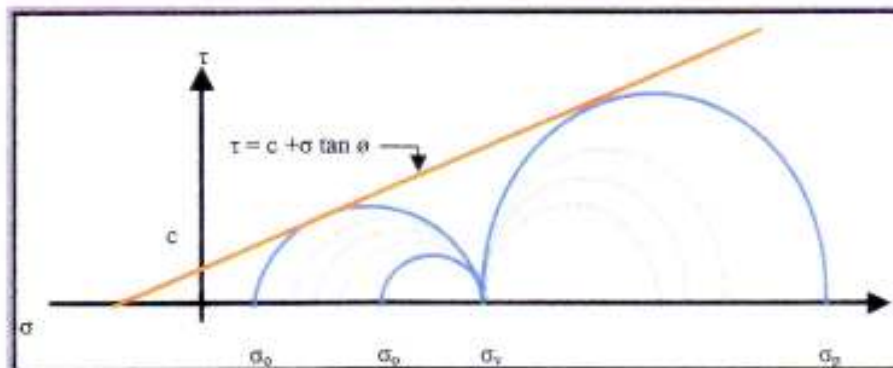
$$\sigma_a = K_a \sigma_v \quad \text{pers.(2.4.2)}$$

Dengan K_a adalah pekali tekanan sisi aktif tanah. Manakala tekanan sisi yang semakin bertambah sehingga mentangen semula kepada sampel kegagalan tanah hingga mencapai tegasan maksimum, σ_p yang bersamaan dengan:

$$\sigma_p = K_p \sigma_v$$

pers.(2.4.3)

di mana K_p adalah pekali tekanan sisi pasif tanah tersebut.



Rajah 2.4.2 : Plotan Bulatan Mohr