

**PENENTUAN KESTABILAN CERUN DISEBABKAN  
OLEH PENYUSUPAN HUJAN**

**MARHANA BINTI ABDUL LATIF**

**UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSI**

**PENENTUAN KESTABILAN CERUN DISEBABKAN  
OLEH PENYUSUPAN HUJAN**

**MARHANA BINTI ABDUL LATIF**

**Laporan projek ini dikemukakan sebagai memenuhi  
sebahagian daripada syarat penganugerahan  
Ijazah Sarjana Kejuruteraan (Awam – Geoteknik)**

**Fakulti Kejuruteraan Awam  
Universiti Teknologi Malaysia**

**MEI 2006**

## PENGHARGAAN

Alhamdulillah syukur ke hadrat Allah s.w.t kerana dengan berkat izinNya maka dapat saya menyiapkan projek ini dengan jayanya.

Terlebih dahulu ucapan terima kasih tidak terhingga saya tujukan kepada penyelia projek, Encik Azman bin Kassim yang telah meluangkan banyak masanya dengan membantu dan membimbing serta memberi tunjuk ajar yang sangat berguna kepada saya dari awal sehinggalah siapnya projek ini. Semoga kehidupan beliau sentiasa diberkati Allah s.w.t.

Jutaan terima kasih juga saya tujukan kepada Dr. Nurly Gofar selaku penyelia kedua saya di atas segala nasihat dan panduan yang diberikan. Tidak lupa juga ucapan terima kasih kepada saudara Lee Min Lee, Puan Fauziah binti Kassim, Encik Shahrin dan lain-lain lagi yang mana nama mereka tidak dapat saya sebutkan semuanya di sini, di atas segala bantuan dan tunjuk ajar yang sangat berguna kepada saya dalam proses menyiapkan projek ini. Buat suami dan anak-anak tercinta, terima kasih atas semangat dan dorongan yang kalian berikan selama ini.

Adalah diharapkan hasil kajian ini akan dapat memberikan maklumat berguna serta mendatangkan manfaat kepada semua pihak pada masa akan datang.

## ABSTRAK

Salah satu faktor ketidakstabilan cerun yang berlaku disebabkan oleh limpahan hujan yang kerap berlaku terhadap tanah baki terutamanya di negara Malaysia yang mengalami kesan hujan tropika. Keadaan ini menyebabkan cerun menjadi tidak stabil disebabkan oleh meningkatnya paras air tanah. Dengan sebahagian rupabumi cerun di Malaysia yang curam, kawasan-kawasan cerun di negara ini lebih terdedah kepada hakisan tanah dan seterusnya mengakibatkan kejadian tanah runtuh. Kesan dari kegagalan cerun menyebabkan berlaku kehilangan nyawa, kerosakan harta benda dan mengganggu proses pembangunan yang memerlukan kos yang tinggi untuk pembaikan. Objektif utama kajian ini adalah untuk mengenalpasti ciri-ciri hujan yang mengakibatkan ketidakstabilan cerun dan mendapatkan nilai faktor keselamatan cerun pada satu tempoh berdasarkan corak resipan dan seterusnya menentukan nilai faktor keselamatan paling minimum pada tempoh tersebut. Analisis dijalankan menggunakan kaedah keseimbangan had yang menggunakan simulasi komputer model SLOPE/W Versi 5.0 (GEO-SLOPE International Ltd.) berdasarkan corak resipan yang diperolehi dari analisis *transient* taburan tekanan air liang. Corak resipan adalah hasil analisis sediada yang menggunakan analisis *transient* menggunakan simulasi komputer model SEEP/W Versi 5.0 (GEO-SLOPE International Ltd.). Jangkaan keputusan yang akan diperolehi adalah nilai faktor keselamatan cerun pada tempoh 2 bulan analisis dijalankan. Seterusnya nilai faktor keselamatan terendah dapat ditentukan berdasarkan nilai faktor keselamatan tersebut. Keputusan kajian ini akan memberikan pemahaman tentang ciri-ciri kestabilan cerun yang disebabkan oleh hujan.

## ABSTRACT

One of the main factor causing the slope instability is due to the overflow of rainfall which is normally occurred to the residual soils especially in Malaysia that experience the tropical rainfall events. This condition then result to the slope instability because of increasing of ground water level. With almost at the slope surface in Malaysia are steep, the slope area are more expose to the erosion and then result to the slope failure. These slope failures can be dangerous, disruptive to the development of infrastructures and quite costly to repair. The analysis is undertake using limit equilibrium method with computer simulation model using SLOPE/ W version 5.0 (GEO-SLOPE International Ltd.) based on seepage pattern which is obtained from transient analysis with pore water pressure distribution. The seepage pattern is the available analysis data taken from SEEP/W Version 5.0 (GEO-SLOPE International Ltd.) computer model. The expected result is the Factor of Safety value within two months data analysis. Then the lowest FOS can be determined base on the FOS obtained. This study will adopt a fundamental approaches towards understanding the characteristic of slope stability due to the rainfall.

## ISI KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKASURAT</b>
	PENGAKUAN PELAJAR	ii
	PENGHARGAAN	iii
	ABSTRAK	iv
	ABSTRACT	v
	ISI KANDUNGAN	vi
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xi
	SENARAI SIMBOL	xv
<b>1</b>	<b>Pengenalan</b>	
	1.1 Latar Belakang Kajian	1
	1.2 Pernyataan Masalah	3
	1.3 Objektif Kajian	4
	1.4 Skop Kajian	5
	1.5 Kepentingan Kajian	5

**II KAJIAN LITERATUR**

2.1	PENDAHULUAN	6
2.2	KEJADIAN HUJAN	7
2.2.1	Jenis-Jenis Hujan	8
2.3	PENYUSUPAN	9
2.4	PARAMETER TANAH	11
2.5	HUBUNGAN DI ANTARA HUJAN DAN KETIDAKSTABILAN CERUN	13
2.6	CERUN	15
2.6.1	Punca-punca ketidakstabilan cerun	15
2.6.1.1	Tindakan air	16
2.6.1.2	Hakisan	17
2.6.1.3	Profil tanah	18
2.6.1.4	Luluhawa dan penurunan tanah	18
2.6.1.5	Kehadiran rekahan tanah	18
2.6.1.6	Litupan tumbuhan	19
2.6.1.7	Perubahan keadaan tekanan	19
2.6.1.8	Kejelekitan tanah	20
2.6.1.9	Penyaliran	20
2.7	JENIS-JENIS KEGAGALAN CERUN	20
2.8	MEKANISMA KEGAGALAN CERUN	23
2.8.1	Runtuhan	24
2.8.2	Gelinciran	25
2.8.3	Aliran	26
2.9	FAKTOR KESELAMATAN DALAM KESTABILAN CERUN	26

### III METODOLOGI KAJIAN

3.1	PENGENALAN	30
3.2	MAKLUMAT TAPAK	33
3.2.1	Masalah di tapak	34
3.2.2	Profil dan sifat tanah	37
3.2.3	Data hujan	38
3.3	MODEL KOMPUTER	40
3.4	ANALISIS KESTABILAN CERUN	42
3.4.1	Kaedah hirisan	43
3.4.2	Kaedah Fellenius	44
3.4.3	Kaedah Morgenstern dan Price	45
3.4.4	Kaedah Bishop	48
3.5	ANALISIS KE BELAKANG	51
3.5.1	Penggunaan analisis ke belakang dalam analisis kestabilan cerun	52

### IV KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

4.1	PENGENALAN	54
4.2	KEPUTUSAN ANALISIS	55
4.2.1	Kes 1 : Penentuan nilai faktor keselamatan bagi setiap analisa corak resipan sepanjang November hingga Disember 1999.	56
4.2.2	Kes 2 : Penentuan nilai faktor keselamatan bagi hujan <i>antecedent</i> ( November hingga Disember 1999) .	61



4.2.3	Kes 3 : Analisis ke belakang – Analisis menentukan nilai faktor keselamatan dengan pengurangan nilai $\phi$ dan c	64
4.3	PERBINCANGAN	66
<b>V</b>	<b>KESIMPULAN</b>	
5.1	UMUM	91
5.2	KESIMPULAN	92
5.3	CADANGAN	94
	<b>SENARAI RUJUKAN</b>	97

**SENARAI JADUAL**

<b>NOMBOR JADUAL</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKASURAT</b>
3.1	Ciri-ciri tanah untuk analisis simulasi	37
3.2	Rekod hujan harian sepanjang November hingga Disember 1999 – Senai	38
4.1	Jumlah hujan harian dan faktor keselamatan dari November hingga pertengahan Disember 1999	58
4.2	Jumlah hujan harian dan faktor keselamatan bagi Langkah 40 -41 dalam tempoh 6 jam	59
4.3	Jumlah hujan harian dan faktor keselamatan	61
4.4	Jumlah hujan harian dan faktor keselamatan	62
4.5	Jumlah hujan harian dan faktor keselamatan	63
4.6	Jumlah hujan harian dan faktor keselamatan	64
4.7	Analisis ke belakang kekuatan ricih ke atas satah gagal	66

## SENARAI RAJAH

NOMBOR RAJAH	TAJUK	MUKASURAT
2.1	Perubahan keupayaan penyusupan jenis tanah	11
2.2	Gelinciran putaran jenis bulatan	21
2.3	Gelinciran putaran jenis bukan bulatan	22
2.4	Gelinciran peralihan	22
2.5	Kegagalan majmuk	23
2.6	Runtuhan	24
2.7	Gelinciran	25
2.8	Aliran	26
2.9	Analisis tegasan berkaesan yang biasa ke atas kes terkukuh tersalir kritikal bagi masalah tanpa beban	
2.9a	Pengorekan di dalam tanah liat keras	29
2.9b	Tegasan dan kekuatan ricih bagi unsur purata	29
2.9c	Definasi faktor keselamatan	29
3.1	Carta aliran metodologi kajian	32
3.2	Pelan lokasi persekitaran Bangunan Tambahan Fakulti Kejuruteraan Mekanikal, UTM	35
3.3	Tempat letak kereta di Bangunan Tambahan FKM ( <i>gambar diambil pada Mac 2003 :</i>	

	<i>Sumber Ling,2003)</i>	36
3.4	Tempat letak kereta di Bangunan Tambahan FKM ( <i>gambar diambil pada April 2006</i> ) .	36
3.5	Keratan cerun	37
3.6	Kaedah hirisan	44
3.7	Kaedah Morgenstern – Price	47
3.8	Kaedah Bishop	51
4.1	Keadaan hujan yang diambilkira bagi kes hujan <i>antecedent</i>	56
4.2	Hubungan antara jumlah hujan dengan kestabilan cerun	58
4.3	Hubungan antara jumlah hujan dengan kestabilan cerun (Langkah 40 - 41)	59
4.4	Rajah jasad bebas dan Poligon daya bagi hirisan ke 30, langkah 41	60
4.5	Hubungan antara jumlah hujan dengan kestabilan cerun	61
4.6	Analisis kestabilan cerun (langkah 1)	61
4.7	Hubungan antara jumlah hujan dengan kestabilan cerun	62
4.8	Analisis kestabilan cerun (langkah 5)	62
4.9	Hubungan antara jumlah hujan dengan kestabilan cerun	63
4.10	Analisis kestabilan cerun (langkah 9)	63
4.11	Hubungan antara jumlah hujan dengan kestabilan cerun	64
4.12	Analisis kestabilan cerun (langkah 5)	64
4.13	Hubungan antara $c$ dengan $\tan \phi$ dalam analisis ke belakang	66
4.14	Analisis kestabilan cerun pada keadaan kering	69
4.15 (1)	Analisis kestabilan cerun pada 1 November 99	70

4.15 (2)	Analisis kestabilan cerun pada 2 November 99	70
4.15 (3)	Analisis kestabilan cerun pada 3 November 99	71
4.15 (4)	Analisis kestabilan cerun pada 4 November 99	71
4.15 (5)	Analisis kestabilan cerun pada 5 November 99	72
4.15 (6)	Analisis kestabilan cerun pada 6 November 99	72
4.15 (7)	Analisis kestabilan cerun pada 7 November 99	73
4.15 (8)	Analisis kestabilan cerun pada 8 November 99	73
4.15 (9)	Analisis kestabilan cerun pada 9 November 99	74
4.15 (10)	Analisis kestabilan cerun pada 10 November 99	74
4.15 (11)	Analisis kestabilan cerun pada 11 November 99	75
4.15 (12)	Analisis kestabilan cerun pada 12 November 99	75
4.15 (13)	Analisis kestabilan cerun pada 13 November 99	76
4.15 (14)	Analisis kestabilan cerun pada 14 November 99	76
4.15 (15)	Analisis kestabilan cerun pada 15 November 99	77
4.15 (16)	Analisis kestabilan cerun pada 16 November 99	77
4.15 (17)	Analisis kestabilan cerun pada 17 November 99	78
4.15 (18)	Analisis kestabilan cerun pada 18 November 99	78
4.15 (19)	Analisis kestabilan cerun pada 19 November 99	79
4.15 (20)	Analisis kestabilan cerun pada 20 November 99	79
4.15 (21)	Analisis kestabilan cerun pada 21 November 99	80
4.15 (22)	Analisis kestabilan cerun pada 22 November 99	80
4.15 (23)	Analisis kestabilan cerun pada 23 November 99	81
4.15 (24)	Analisis kestabilan cerun pada 24 November 99	81
4.15 (25)	Analisis kestabilan cerun pada 25 November 99	82
4.15 (26)	Analisis kestabilan cerun pada 26 November 99	82
4.15 (27)	Analisis kestabilan cerun pada 27 November 99	83
4.15 (28)	Analisis kestabilan cerun pada 28 November 99	83
4.15 (29)	Analisis kestabilan cerun pada 29 November 99	84
4.15 (30)	Analisis kestabilan cerun pada 30 November 99	84
4.15 (31)	Analisis kestabilan cerun pada 1 Disember 99	85
4.15 (32)	Analisis kestabilan cerun pada 2 Disember 99	85
4.15 (33)	Analisis kestabilan cerun pada 3 Disember 99	86
4.15 (34)	Analisis kestabilan cerun pada 4 Disember 99	86

4.15 (35)	Analisis kestabilan cerun pada 5 Disember 99	87
4.15 (36)	Analisis kestabilan cerun pada 6 Disember 99	87
4.15 (37)	Analisis kestabilan cerun pada 7 Disember 99	88
4.15 (38)	Analisis kestabilan cerun pada 8 Disember 99	88
4.15 (39)	Analisis kestabilan cerun pada 9 Disember 99	89
4.15 (40)	Analisis kestabilan cerun pada 10 Disember 99	89
4.15 (41)	Analisis kestabilan cerun pada 11 Disember 99	90

## SENARAI SIMBOL

SIMBOL	PARAMETER
$c$	Kejelekitan
$c'$	Kejelekitan efektif
$\emptyset$	Sudut geseran dalaman
$\emptyset'$	Sudut geseran dalaman efektif
$\sigma_n$	Jumlah tekanan normal
$\gamma$	Berat unit tanah
$dN'$	Daya normal berkesan di atas dasar hirisan
$dS$	Daya ricih di atas dasar hirisan
$dP_b$	Daya air sempadan di atas dasar
$dW$	Jumlah berat hirisan
$E$	Daya normal
$E'$	Daya normal berkesan
$f$	Kadar penyusupan pada sebarang masa
$f_c$	Kadar penyusupan pada nilai tinggi
$f_o$	Keupayaan penyusupan awal
FOS	Faktor keselamatan
$K$	Pemalar untuk satu jenis tanah dan permukaan
$n$	Keliangan
$P$	Tekanan
$P_w$	Daya-daya dalam air di atas satu sisi
$ru$	Nisbah tekanan liang
$S_r$	Darjah ketepuan

$t$	masa
$\tau$	Kekuatan ricih tanah
$u, u_w$	Tekanan air liang
$u_a$	Tekanan udara liang
$W$	Berat
$w$	Kandungan air
$X$	Daya ricih pada satu sisi



## **BAB I**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 LATARBELAKANG KAJIAN**

Umumnya diketahui negara Malaysia mempunyai bentuk muka bumi semulajadi yang bercerun dan berbukit di samping menerima keamatan hujan yang tinggi sepanjang tahun. Dengan keadaan rupa bentuk cerun yang curam serta faktor hujan lebat yang berterusan akan mempengaruhi keadaan air larian permukaan serta aliran air bawah tanah menjadikan cerun di negara kita lebih mudah terdedah kepada fenomena tanah runtuh atau kegagalan cerun. Selain dari itu ketidakstabilan cerun juga boleh berlaku oleh kesan luluhawa serta aktiviti-aktiviti yang menyebabkan kekuatan tanah berkurang terutama kekuatan ricih tanah dan penambahan tegasan dalam tanah yang berpunca dari pembentukannya sendiri. Tidak dapat dinafikan bahawa keadaan persekitaran seperti cuaca, topografi serta tumbuhan mempunyai hubungkait yang besar terhadap punca-punca berlakunya ketidakstabilan cerun. Adalah satu perkara yang agak sukar serta kompleks kepada ahli geologi atau jurutera awam untuk memahami mekanisma ketidakstabilan cerun yang disebabkan oleh hujan dan ianya memerlukan kajian terperinci serta kaedah yang sesuai bagi menganalisis keadaan sifat-sifat tanah.

Kajian mengenai masalah ketidakstabilan cerun telah dijalankan sejak lama dulu oleh pakar geologi mahupun jurutera-jurutera awam di mana ianya merupakan salah satu topik utama yang diperbincangkan bukan saja di peringkat penduduk setempat malah pihak pengurusan. Kebanyakan mereka mendapati punca-punca ketidakstabilan cerun tanah adalah disebabkan oleh tindakan alam semulajadi ataupun dari tindakan manusia. Faktor-faktor tindakan semulajadi adalah sifat bahan, hakisan, cuaca serta keadaan geologi yang mana ianya tidak dapat dielakkan tetapi dapat dikawal dengan kaedah-kaedah pengawalan cerun. Manakala faktor tindakan manusia adalah dari aktiviti-aktiviti yang dijalankan di kawasan berhampiran dengan kawasan cerun yang boleh menyebabkan kegagalan cerun. Faktor lain yang turut mempengaruhi ketidakstabilan cerun ialah geomorphologi dan hidrogeologi kawasan.

Ketidakstabilan cerun terjadi dalam pelbagai bentuk seperti runtuh batuan, gelinciran tanah, aliran puing (debris flow), tanah runtuh serta aliran lumpur. Ketidakstabilan cerun menjadi berbahaya jika ianya berlaku di kawasan kediaman dan boleh menyebabkan kemalangan nyawa orang ramai, kerosakan harta benda serta menjejaskan aktiviti sosio-ekonomi di kawasan tersebut. Ketidakstabilan cerun adalah sangat serius di negara-negara sedang membangun di mana perlindungan alam sekitar dan pengurusan menjadi perkara rumit dan utama untuk dipikul. Adalah didapati lebih dari 95% kejadian bencana alam dan kemusnahan berhubungkait dengan ketidakstabilan cerun khususnya dan pergerakan jisim secara umumnya berlaku di negara-negara sedang membangun (Temesgen dll. 2001). Beberapa kejadian kegagalan cerun yang berlaku di negara kita sejak tahun 1919 hingga 2004 telah menyebabkan 242 kes kematian serta kemusnahan harta benda (Sum & Mohamad, 2005).

Mengambilkira kejadian yang telah berlaku, secara asasnya dapat dilihat ianya adalah fenomena yang sukar dibendung tetapi dengan mengelakkan pembinaan bangunan atau penempatan di kawasan curam atau berbukit mungkin merupakan satu langkah terbaik yang dapat diambil. Tetapi penyelesaian ini tidak

praktikal serta mustahil untuk diamalkan di negara ini kerana pembangunan pesat serta pertumbuhan penduduk menyebabkan kepadatan kawasan penempatan serta taraf kehidupan.

Terdapat banyak perkara yang berhubungkait dengan cerun di mana jurutera awam serta ahli geologi perlu menjalankan penyiasatan dan kajian kestabilan cerun dan seterusnya menjalankan analisis kestabilan cerun. Beberapa tahun yang lalu, kajian mengenai analisis kestabilan cerun telah dijalankan oleh penyelidik-penyelidik seperti Wu dan Kraft (1970), Cornel (1971), Alonzo (1976), Tang dan lain-lain (1976) dan Vanamrcke (1977). Mereka telah mendapati bahawa punca kejadian adalah disebabkan oleh kepelbagaian ciri-ciri tanah, ralat bersistem atau ralat model dalam pengukuran sifat atau ralat model dalam kaedah analitik (Oka dan Wu, 1990). Oleh itu, analisis kestabilan cerun serta pengurusannya menjadi perkara utama dalam membuat perancangan serta kajian jurutera.

## **1.2 PERNYATAAN MASALAH**

Pergerakan tanah ke atas cerun yang gagal di Bangunan Tambahan Fakulti Kejuruteraan Mekanikal (FKM), Universiti Teknologi Malaysia, Skudai, Johor telah menyebabkan kegagalan dinding cerucuk keping yang terletak di kaki cerun pada pertengahan Disember 1999. Kajian-kajian terdahulu menunjukkan pengaruh beban tangki air baru yang terletak di puncak cerun adalah penyumbang kepada kejadian enapan di sekitar permukaan cerun dengan kewujudan retak tegangan berdekatan dengan asas rakit tangki air tersebut (Azman & Fauziah, 2003, Ling, 2003, Harahap, 2003). Walaupun beberapa kajian telah dijalankan di tapak namun analisis-analisis tersebut dibuat tanpa mengambilkira kesan aliran air ke atas cerun.

Penentuan nilai faktor keselamatan yang melebihi dari 1 bukan menjadi faktor bahawa cerun adalah stabil dan selamat. Umumnya, sebarang tanah yang mengalami atau menerima hujan sepanjang masa hingga ke tahap kapasiti maksimum dan mengalami pelembutan pada cerun curam adalah paling berisiko mengalami kejadian tanah runtuh atau dengan kata lain mengalami kegagalan cerun. Proses kegagalan yang merujuk kepada kejadian kegagalan cerun adalah disebabkan oleh peningkatan tegasan ricih, pengawalan kepada kekuatan ricih dan pengurangan kekuatan bahan. Kajian yang dijalankan ini adalah untuk melihat kesan hujan yang berlaku secara tidak tetap yang memberi kesan ke atas paras air bumi di mana pada sepanjang waktu berlaku ini, nilai faktor keselamatan akan dikira dan dianalisis.

### 1.3 OBJEKTIF KAJIAN

Kajian ini mempunyai beberapa objektif iaitu;

- i. Menyelidik hubungan antara penyusupan hujan dan kestabilan cerun di tapak kajian.
- ii. Menentukan faktor keselamatan cerun berdasarkan analisis berterusan corak resipan disebabkan penyusupan hujan dari November hingga Disember 1999.
- iii. Menentukan faktor keselamatan cerun berdasarkan corak resipan terhadap keadaan hujan *antecedent* bagi tempoh masa dari November hingga Disember 1999.

## **1.4 SKOP KAJIAN**

Dalam kajian ini, cerun gagal pada mulanya dianalisa menggunakan unsur terhingga model SEEP/W Versi 5.0 (GEO-SLOPE International Ltd.) . Dalam analisis simulasi komputer ini, penyusupan hujan dan taburan tekanan air liang *transient* dilakukan untuk mendapatkan corak aliran cerun. Seterusnya analisis kestabilan cerun dilakukan dengan kaedah unsur terhingga menggunakan model komputer SLOPE/ W Versi 5.0 (GEO-SLOPE International Ltd.) ke atas corak aliran tersebut. Analisis *transient* yang dilakukan mengambil masa 2 bulan iaitu dari November hingga Disember 1999.

## **1.5 KEPENTINGAN KAJIAN**

Kajian ini memainkan peranan yang penting dalam penganalisan kestabilan cerun di Malaysia . Kegagalan atau ketidakstabilan cerun yang berlaku mungkin disebabkan oleh beberapa faktor lain tetapi dengan kajian ini akan dapat mengenalpasti samada hujan begitu mempengaruhi ketidakstabilan cerun atau sebaliknya. Hasil dari kajian ini juga dapat mengaitkan antara corak resipan serta kesan hujan terhadap kestabilan cerun dan seterusnya dapat mengambil langkah awal untuk mengelakkan daripada berlakunya tanah runtuh dan kehilangan nyawa.