

## KEGAGALAN CERUN DI BUKIT ANTARABANGSA, AMPANG, SELANGOR DAN HUBUNGANNYA DENGAN SIFAT FIZIK TANAH

(Slope Failure at Bukit Antarabangsa, Ampang, Selangor, and Its Relationship to Physical Soil Properties)

Muhammad Barzani Gasim<sup>1\*</sup>, Sahibin Abd. Rahim<sup>1</sup>, Mohd. Ekhwan Toriman<sup>2</sup> dan Diyana Ishnin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam,  
Fakulti Sains dan Teknologi,*

<sup>2</sup>*Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan & Sekitaran,  
Fakulti Sains Sosial dan Kemasyarakatan,  
Universiti Kebangsaan Malaysia,  
43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia*

\* *Alamat email pengarang: dr.zani@ukm.my*

### Abstrak

Kegagalan cerun yang berlaku pada 6 Disember 2008 di Bukit Antarabangsa, Ampang, Selangor telah menyebabkan kematian dan kerosakan harta benda yang melibatkan lebih daripada 20 rumah penduduk telah ranap. Hujan lebat yang berlaku beberapa jam sebelum kegagalan cerun, telah meningkatkan ketepuan dan keplastikan tanah. Sebanyak 10 sampel tanah telah diambil secara rawak di cerun-cerun stabil dan gagal untuk menentukan sifat fizikal tanah, kadar penyusupan serta hubungannya dengan corak hujan. Tanah dianalisis berdasarkan sifat fiziknya, lima tahun (2005-2009) data hujan harian dianalisis untuk mendapatkan hubungannya dengan penyusupan air di setiap stesen persampelan. Kadar penyusupan diukur menggunakan infiltrometer “double rings”. Hasil analisis sifat fizik tanah menunjukkan bahawa tekstur tanah didominasi oleh tanah berpasir yang mencatatkan peratusan kandungan pasir yang relatif tinggi. Nilai kadar serakan lempung adalah sederhana stabil sehingga sangat stabil atau berjelut daripada 0.013% sehingga 11.85%, kandungan organik antara 1.38 sehingga 2.74 %. Julat ruang rongga diantara 50.12% sehingga 62.31% dan purata tahap kekonduksian hidraulik diantara tahap 2 sehingga 5 atau agak perlahan sehingga pantas. Peratusan kestabilan agregat tanah berjelut dari 5.12 % sehingga 48.42%, nilai ini menunjukkan kekuatan relatif tekanan mekanik tanah adalah bernilai songsang terhadap peratusan kandungan air. Nilai keplastikan tanah berjelut tinggi sehingga sangat tinggi yang dicirikan dengan koloid yang tidak aktif. Taburan hujan bulanan berjelut daripada 38 mm hingga 427 mm. Kadar penyusupan semasa persampelan bernilai diantara 3.0 cm/jam hingga 7.0 cm/jam tetapi semasa kegagalan cerun dijangkakan berjelut diantara 10.94cm/jam sehingga 915.05cm/jam. Secara keseluruhan ditafsirkan bahawa sifat fizik tanah mempengaruhi kestabilan cerun, struktur tanah berpasir akan meningkatkan tahap keporosan tanah dan selanjutnya meningkatkan kadar penyusupan semasa hujan lebat dan akhirnya mencetuskan berlakunya kegagalan cerun.

**Kata kunci:** Bukit Antarabangsa, kadar penyusupan air, tanah berpasir, kegagalan cerun

### Abstract

Slope failure which occurred on 6 December 2008 at Bukit Antarabangsa, Ampang Selangor has caused mortalities and loss of properties whereas more than 20 houses were flattened. Prior to slope failure, it was heavily downpoured for a few hours that increased the soil saturation and plasticity properties. A total of 10 soil samples were randomly taken from stable and unstable slopes to determine physical soil properties, infiltration rate and their relationship to rainfall pattern. Soils were analyzed in terms of their physical properties; five years (2005-2009) of daily rainfalls were analyzed to determine their relationship to infiltration rate at each sampling station. Infiltration rate is determined by using infiltrometer double ring. Analysis of physical soils properties shows that soil texture was dominated by sandy soil with relatively high percentage of sand. Values of clay dispersion coefficient were relatively stable to very stable from 0.013% to 11.85% and organic content from 1.38 % to 2.74 %. Range of porosity was from 50.12% to 62.31%, while the average levels of hydraulic conductivity was from level 2 to 5 or relatively slow to fast. Percentage of soil aggregate stability was from 5.12 % to 48.42 % and this value indicates that relative strength of soil mechanical pressure is inversely proportional to the percentage of water content. Soil plasticity value was high to very high but characterized by inactive colloids. Distribution of monthly rainfall was from 38 mm to 427mm. The infiltration rate during

sampling time was from 3.0 cm/hr to 7.0 cm/hr; but it was expected from 10.94cm/hr to 915.05 cm/hr during slope failures. Overall, it was interpreted that physical soil properties was closely interrelated with slope stability, structure of sandy soil will enhanced soil porosity stage and enhance the infiltration process during heavy rainfall, and finally triggering of slope failure.

**Keywords:** Bukit Antarabangsa, infiltration rate, sandy soil, slope failure

### **Pendahuluan**

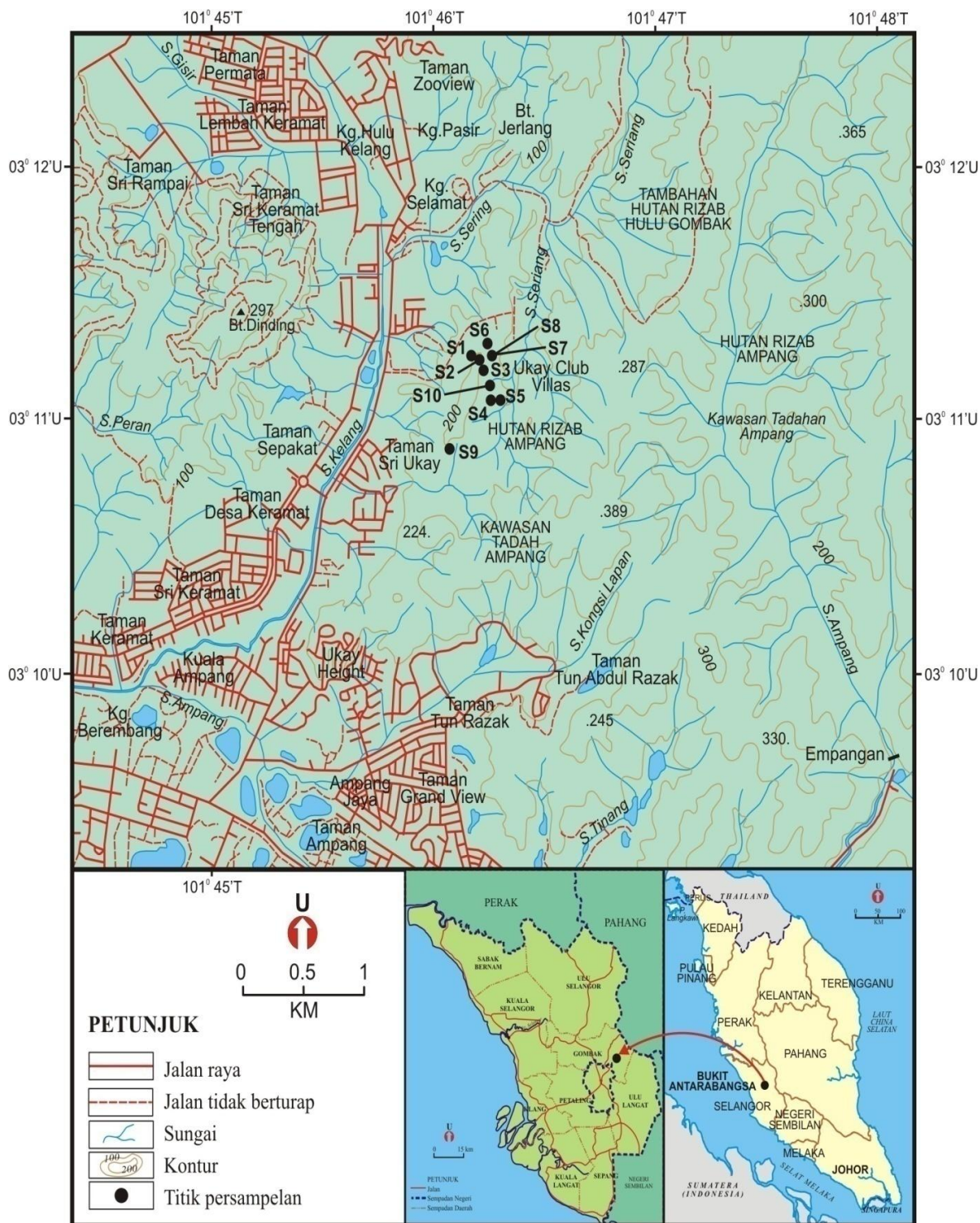
Bukit Antarabangsa, Hulu Klang, Selangor merupakan kawasan yang bertopografi berbukit bukau, dengan ketinggian di antara 133 hingga 203 meter di atas paras laut. Mempunyai longitud antara 101°46' T hingga 101°47' T dan latitud antara 03°10.8' U hingga 03°11.3' U (Rajah 1). Dicitrakan oleh iklim yang panas dan lembab sepanjang tahun dan mempunyai jumlah hujan tahunan sebanyak 2500 sehingga 3000 mm.

Kegagalan cerun atau tepatnya tanah runtuh merupakan satu kejadian geologi yang melibatkan sebahagian besar pergerakan tanah, jatuhnya batuan atau cantuman dari keduanya. Kebanyakan runtuh tanah bermula di lereng-lereng cerun dan seringkali dicetus oleh air larian permukaan [1]. Runtuhan tanah berlaku mungkin secara berperingkat dan mungkin berlaku dengan pantas tanpa disedari sewaktu hujan lebat serta bergerak bersamanya bahan bumi yang menggelongsor mengikut tarikan graviti [2].

Menurut [3], air yang mengalir di permukaan akan sentiasa menyebabkan hakisan. Kadar hakisan semakin tinggi sekiranya tanah di sesuatu kawasan itu terletak di tempat yang tinggi dan curam seperti di lereng-lereng bukit. Pengaliran air yang teramat deras akan menghakis bunga tanah atau lapisan atas. Berkaitan dengan proses hakisan, runtuh tanah juga akan berlaku di cerun bukit, terutamanya berlaku semasa hujan lebat. Proses kegagalan cerun menjadi satu masalah di kawasan di berbukit-bukau seperti Cameron Highlands, Fraser Hill, Genting Highlands di Pahang dan beberapa kawasan tanah tinggi di Malaysia.

Kebiasaannya kegagalan cerun atau tanah runtuh akan meragut nyawa manusia serta memusnahkan harta benda. Contohnya, beberapa kejadian tanah runtuh besar yang telah berlaku seperti di Highland Tower dan Taman Hillview di Hulu Kelang (Selangor), Gua Tempurung (Perak), Paya Terobong (Pulau Pinang), persimpangan lebuhraya NKVE, Bukit Lanjan serta beberapa kegagalan cerun bersaiz kecil dan sederhana. Fenomena ini seringkali dikaitkan dengan musim tengkujuh, di mana sejumlah curahan hujan yang tinggi bertindak sebagai pencetus kepada kegagalan cerun. Keadaan iklim tropika yang panas dan lembab ini juga turut menyebabkan proses luluhawa secara relatifnya adalah lebih tinggi berbanding kawasan beriklim lain [4]. Namun begitu, faktor-faktor lain seperti keadaan geologi, geomorfologi & struktur geologi akan berperanan dalam mempengaruhi corak pelemahan batuan [5]. Kawasan kajian yang terletak di Bukit Antarabangsa merupakan kawasan perumahan di lereng bukit di Ulu Klang, Selangor, Malaysia. Bukit Antarabangsa, Ampang adalah sebuah kawasan penempatan awam yang berprofil pertengahan ke tinggi. Namun begitu, penempatan yang dimajukan sebagai perumahan ini mempunyai keadaan muka bumi yang bercerun dan sama sekali tidak selamat dan tidak stabil untuk diduduki. Kebanyakan projek pembangunan di sekitar kawasan Bukit Antarabangsa terletak di kawasan cerun bukit.

Peristiwa tanah runtuh yang berlaku pada 6 Disember 2008 di Bukit Antarabangsa telah meranapkan 20 buah rumah dan mengorbankan sekurangnya lima orang penduduk dan lebih daripada 2,000 orang pula terpaksa dipindahkan ke tempat yang selamat. Kekuatan cerun yang tidak mampu mengawal dan menyokong kekuatan tapak bagi perumahan tersebut akibat. hujan yang berterusan, telah menyebabkan kawasan menjadi tidak stabil dan aliran air berlebihan ini telah menyusup ke bawah permukaan dan menjadikan bahan bumi di bawah permukaan semakin lemah. Ditambah pula, dengan keadaan cerun yang tidak stabil menyebabkan sejumlah bahan bumi bersama beberapa rumah penduduk yang terlibat runtuh di sepanjang cerun dan dilonggokkan ke beberapa ratus meter dari tempatnya yang asal. Menurut laporan [6], 13 Ogos 2008, menunjukkan bahawa kebanyakan cerun di kawasan Bukit Antarabangsa berada pada kelas III, iaitu cerun yang berisiko tinggi kerana mempunyai kecerunan 26° - 35°. Objektif daripada kajian ini ialah: 1) Untuk menentukan sifat fizik tanah di kawasan kajian; 2) Untuk menentukan hubungan diantara curah hujan dengan kadar penyusupan dan 3) Untuk mentafsirkan perkaitan diantara sifat fizik tanah, kadar penyusupan dan berlakunya tanah runtuh.



Rajah 1: Lokasi kawasan kajian dan kedudukan stesen persampelan

### Kaedah Kajian

Sebanyak sepuluh pensampelan tanah telah dikutip dan pengukuran kadar penyusupan telah dilakukan selama dua kali kerja lapangan. Sampel tanah diambil 10 cm di bawah permukaan dengan menggunakan pengorek auger tangan. Di makmal sampel tanah di analisis untuk mendapatkan saiz butiran, serakan lempung, kandungan bahan organik, kekonduksian hidraulik, kestabilan agregat, keplastikan tanah dan sebagainya. Pengukuran kadar penyusupan dilakukan dengan menggunakan alat 'infiltrometer double rings'. Pengukuran dan pensampelan dilakukan di dua kawasan berbeza; kawasan yang mewakili cerun yang stabil dan yang mewakili kawasan cerun yang runtuh. Sampel tanah tersebut kemudiannya disimpan dalam beg plastik, dilabelkan, diikat dan dimasukkan dalam bekas yang kedap udara. Peta geologi bagi kawasan kajian diperolehi dari Jabatan Mineral dan Geosains Malaysia, untuk mendapatkan latarbelakang kepelbagaian batuan dan ciri geologi kawasan. Data hujan harian bagi tempoh tahun 2005 sehingga 2009 yang diperolehi dari Jabatan Kajicuaca Malaysia digunakan untuk membandingkan jumlah hujan semasa tanah runtuh dengan hari-hari yang lain. Nilai penyusupan semasa tanah runtuh ditafsirkan berdasarkan kiraan 10 hari jumlah hujan dibahagikan dengan 10 hari jumlah hujan semasa persampelan. Nilai ini kemudiannya didarabkan dengan nilai penyusupan semasa persampelan di lapangan yang menggunakan alat gelang infiltrometer "Double Ring".

Hubungan di atas dapat disimpulkan berdasarkan formula di bawah:

$$\text{Nilai penyusupan} = \frac{\text{Jumlahhujan semasatruhan}}{\text{Jumlahhujan semasapen sampelan}} \times \text{Nilai penyusupan semasa persampelan}$$

### Hasil dan Perbincangan

#### Hubungan Penyusupan dengan Kecerunan Cerun

Cerun merupakan permukaan tanah yang terdedah yang membentuk sudut tertentu terhadap satah ufuk. Kebiasaannya kegagalan cerun dikaitkan dengan keadaan cerun yang curam tetapi ini adalah tidak benar kerana terdapat banyak kes kegagalan cerun yang berlaku pada cerun yang landai [7]. Keadaan ini menunjukkan bahawa kestabilan sesuatu cerun bergantung kepada banyak faktor selain dari sudut kecondongannya. Menurut [8], kesan hujan ke atas kandungan air tanah bergantung kepada faktor seperti ciri-ciri tanah, topografi, jumlah dan keamatan hujan, litupan tumbuhan dan keadaan kandungan air tanah pada masa hujan.

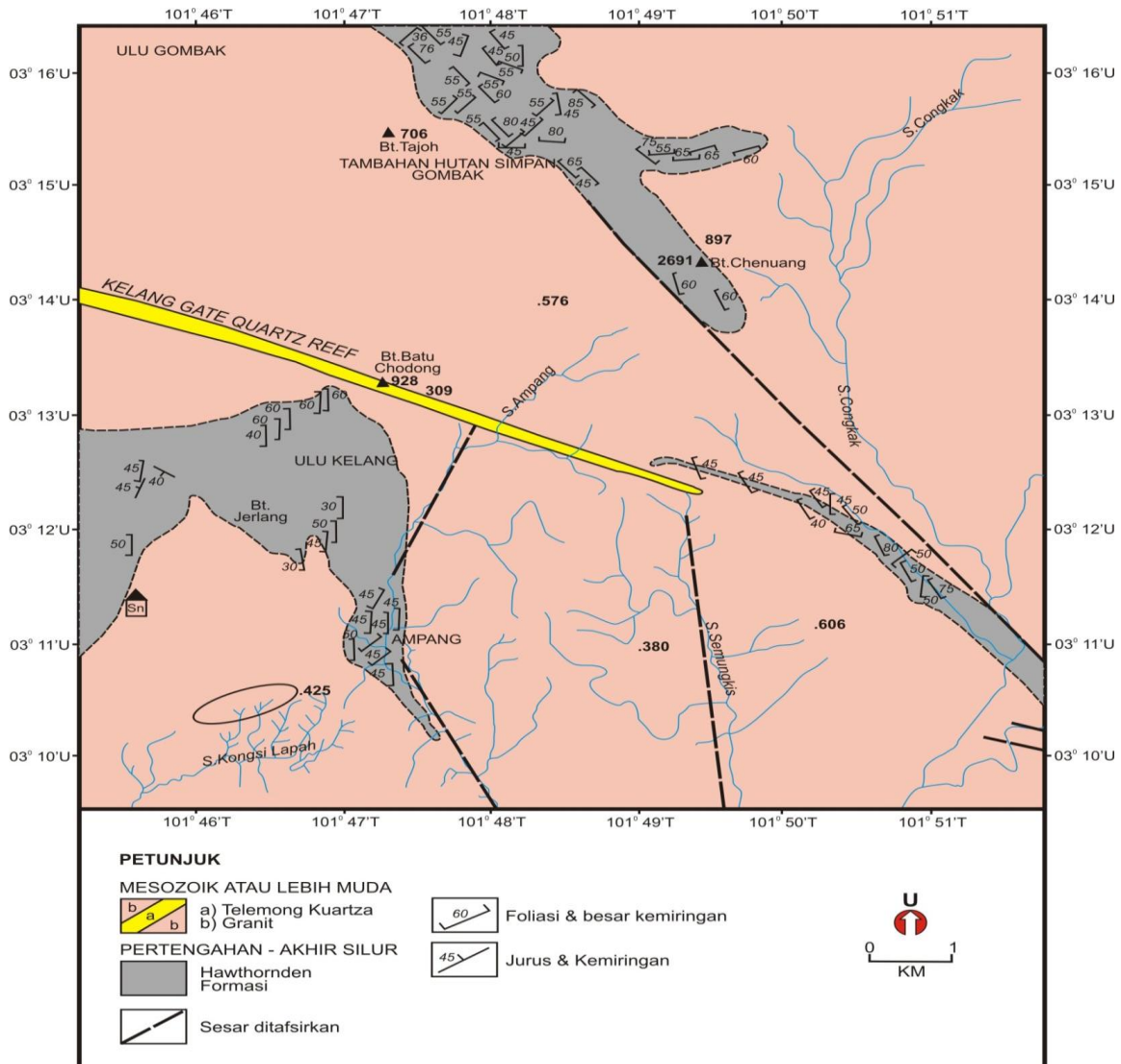
Kecerunan permukaan akan mempengaruhi kadar penyusupan air. Semakin landai cerun, semakin tinggi kadar penyusupan. Kadar penyusupan berkurangan jika kecerunan lebih daripada 2% kerana larian permukaan berlaku [9]. Kelajuan aliran yang bertambah akan menyebabkan hakisan. Kehadiran rumput akan mengurangkan masalah kelajuan aliran dan hentaman permukaan. Menurut [10], di cerun, air yang berada dalam tanah akan hilang melalui evapotranspirasi dan saliran yang bergerak perlahan melalui substrata.

Kestabilan cerun boleh diusahakan dengan litupan tumbuhan di atas permukaan cerun, tumbuhan akan membantu meningkatkan kandungan organisma pada tanah. Akar rumput yang reput pada tanah akan mengalami penguraian dan membantu dalam pengagregatan. Melalui proses ini, sistem struktur tanah akan diperbaiki dan meningkatkan kestabilannya. Penjerapan mineral akar rumput akan menggalakkan pemegangan nutrien pada tanah. Keadaan ini boleh mengelakkan kehilangan nutrien serta menggalakkan pertukaran kation pada tanah [11].

#### Geologi Kawasan Kajian

Mengikut [12] kawasan Bukit Antarabangsa (Kuala Lumpur dan sekitarnya) terdiri dari batuan Granite Banjaran Utama yang dikenali sebagai Granite Kuala Lumpur [13] berusia Trias yang mempunyai tipikal tekstur mega kristal. Sebahagian lagi kawasan terdiri daripada batuan skis yang dikenali sebagai Skis Hawthornden dan berusia Ordovisi-Silur [14]. Banjaran telerang kuarza wujud dalam kawasan granit yang mempunyai kedudukan BL-TD atau selari dengan beberapa set sesar mendatar ke kiri, yang dikenali sebagai Sesar Kuala-Lumpur (Rajah 2). Jurus sesar dan telerang ini telah memotong struktur rantau kawasan yang amnya hampir utara-selatan. Akibat daripada wujudnya kepelbagaian zon lemah dalam batuan granit dan skis telah menyebabkan berlakunya pergerakan cerun dalam bentuk kegagalan satah, kegagalan baji dan kegagalan terbalikan [15]. Kawasan perumahan di Bukit Antarabangsa

terletak dalam batuan granit yang berketinggian 143 m, kebanyakan batuan granit di kawasan ini terluluhawa dan sebahagian lagi didapati mengandungi beberapa set kekar dalam keadaan terbuka atau tertutup. Beberapa sistem saliran dikesan di bahagian hadapan cerun, kemudiannya bercantum membentuk alur dan akhirnya masuk ke Sungai Kongsi Lapan yang mengalir ke baratdaya (Rajah 2). Pembentukan zon-zon granit terluluhawa di kawasan ini dipercayai menerusi sistem kekar atau sesar yang wujud semasa penerobosan atau orogeni yang bertindak selepas itu.

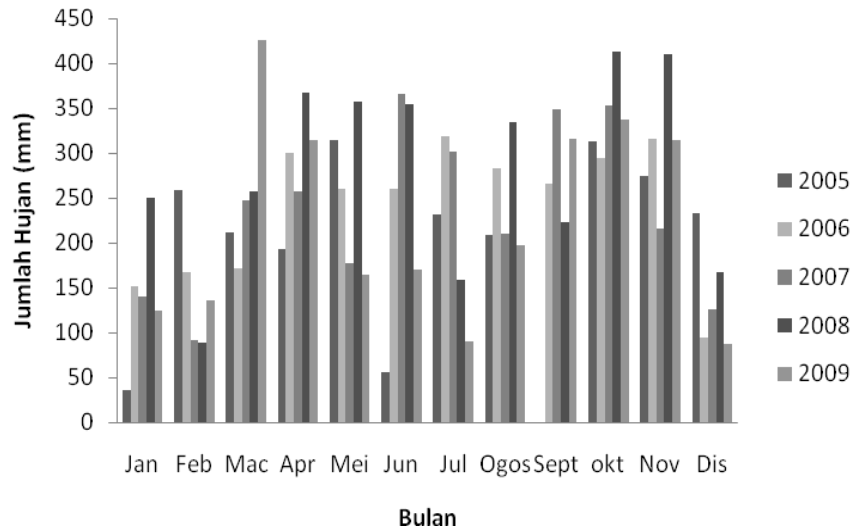


Rajah 2: Peta geologi kawasan kajian yang terdiri daripada tiga unit batuan

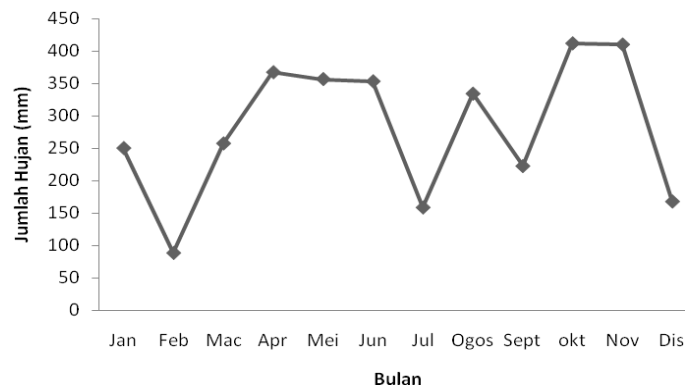
### Hidrologi Kawasan Kajian

Berdasarkan analisis taburan hujan bulanan selama lima tahun (2005-2009), didapati bahawa curah hujan bulanan bagi kawasan kajian adalah ber julat daripada 38 sehingga 427 mm (Rajah 3). Berdasarkan pemerhatian di Rajah 3, didapati bahawa tren hujan bulanan di kawasan kajian mula menunjukkan kenaikan selepas tahun 2007 jika

dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya. Hujan bulanan tertinggi tahun 2008 di kawasan kajian ialah Oktober - November, Mac sehingga September mencatatkan hujan yang sederhana lebat, sedangkan Disember sehingga Januari merupakan hujan bulanan yang terendah (Rajah 4).



Rajah 3: Taburan purata hujan bulanan selama 5 tahun (2005-2009)



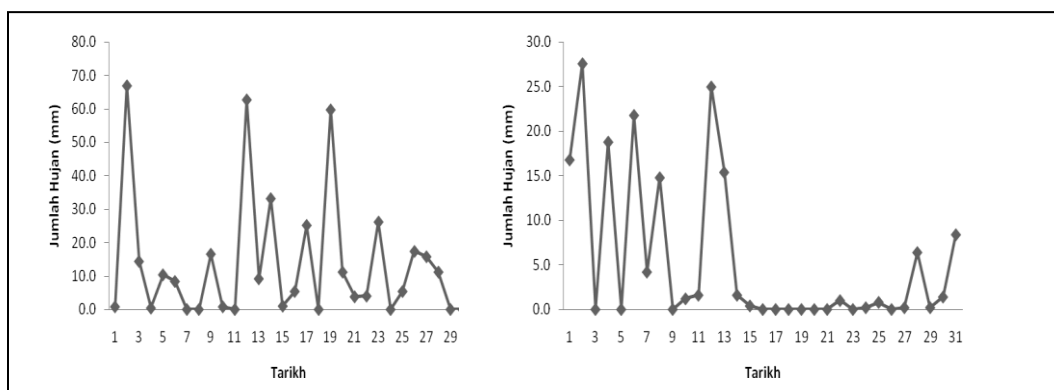
Rajah 4: Taburan hujan bulanan tahun 2008

Jumlah hujan selama 10 hari sebelum kejadian kegagalan cerun telah dikenalpasti iaitu sebanyak 112 mm (Jadual 1), atau hujan harian purata sebelum berlaku kegagalan cerun ialah 11.2mm. Secara relatif, jumlah hujan harian adalah relatif rendah, tetapi sifat tanah kawasan cepat menjadi tepu, kesan daripada kelembatan hujan pada bulan-bulan sebelumnya. Jumlah hujan bulan Disember 2008 ialah 167.8 mm, jumlah ini jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan jumlah hujan bulan November) iaitu sebanyak 410.4 mm. Tiga kemuncak hujan dicatatkan semasa November iaitu masing-masing 59, 63 dan 67 mm, sedangkan jumlah hujan tertinggi semasa Disember ialah 27.8 mm (Rajah 5). Berlakunya kegagalan cerun di Bukit Antarabangsa ialah dengan kelembatan 21.8mm pada pagi 6 Disember 2008 (Jadual 1, Rajah 5b).

Jadual 1: Cerapan hujan 10 hari sebelum runtuh (Nov/Des. 2008)

| Tarikh | Jumlah Hujan(mm/hari) |
|--------|-----------------------|
| 27-Nov | 15.8                  |
| 28-Nov | 11.2                  |
| 29-Nov | 0.0                   |
| 30-Nov | 0.0                   |
| 1-Dec  | 16.8                  |
| 2-Dec  | 27.6                  |
| 3-Dec  | 0.0                   |
| 4-Dec  | 18.8                  |
| 5-Dec  | 0.0                   |
| 6-Dec  | 21.8                  |
| Jumlah | 112.0                 |

Sumber: Jabatan Meteorologi Malaysia 2009



Rajah 5: Taburan hujan harian semasa November (a) dan Disember (b) 2008

### Keputusan Sifat Fizik tanah

Duabelas parameter bagi analisis fiziko-kimia tanah telah dipilih dari 10 stesen pensampelan di kawasan kajian iaitu: ruang rongga, konduktiviti hidraulik, kadar penyusupan, koefisien serakan lempung, kandungan bahan organik, had atterberg terdiri dari had cecair, had plastik dan indeks keplastikan, taburan saiz partikel bagi pasir, lodak dan lempung serta tekstur tanah (Jadual 2 & 3).

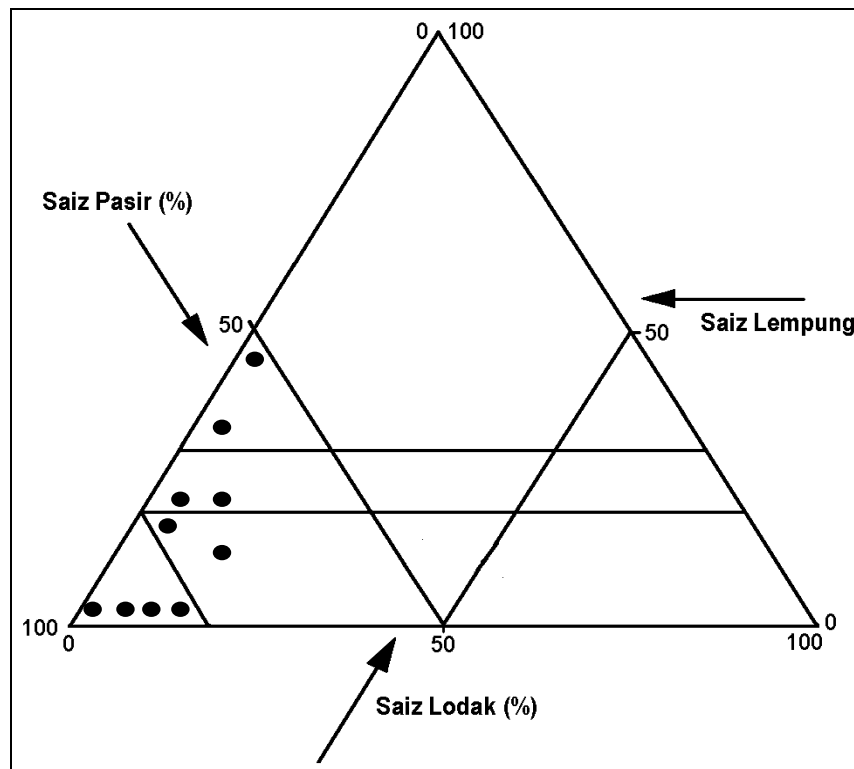
Analisis makmal tersebut mendapati bahawa tanah yang dikaji mempunyai peratusan ruang rongga antara 50.12-62.31%, kandungan organik antara 1.38- 2.74 %, kekonduksian hidraulik antara 1-22.82  $\text{cmjam}^{-1}$ , kadar penyusupan antara 5.4022-451.8072  $\text{cmjam}^{-1}$  dan koefisien serakan lempung antara 0.01-11.85%. Bagi had atterberg, had cecair adalah antara 56.6-71.8 %, had plastik antara 28.2-43.3 % dan indeks keplastikan antara 0.53-1.47. Hasil bagi tekstur tanah secara puratanya menunjukkan kandungan pasir dalam tanah yang dikaji berada pada julat di antara 55-97 %. Purata peratusan lempung pada tanah pula mencatatkan julat di antara 2-42 % iaitu kedua tertinggi selepas kandungan pasir dalam tanah. Kandungan lodak pula secara perbandingannya adalah sangat rendah dalam tanah dengan julat peratusan di antara 1-11%. Berdasarkan kepada pengkelasan Segitiga Ferret, tanah yang dianalisis berada dalam lingkungan kelas tanah lempung berpasir, loam lempung lodak, loam berpasir dan pasir, atau secara keseluruhannya kandungan utama adalah pasir atau berpasir (Rajah 6).

Jadual 2: Ringkasan hasil dari analisis fiziko-kimia tanah di kawasan kajian (St 1–St 5)

| NO. | PARAMETER                 | UNIT                | S1                       | S2                  | S3      | S4       | S5       |
|-----|---------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|---------|----------|----------|
|     | Lokasi Cerapan            |                     | (G)                      | (G)                 | (G)     | (S)      | (S)      |
| 1   | Ruang rongga              | %                   | 58.74                    | 61.7                | 60.62   | 50.12    | 61.88    |
| 2   | Kandungan bahan organik   | %                   | 1.80                     | 1.77                | 1.54    | 2.74     | 2.57     |
| 3   | Kekonduksian hidraulik    | cmjam <sup>-1</sup> | 2.6316                   | 5.7427              | 4.8576  | 11.8313  | 22.8287  |
| 4   | Kadar penyusupan          | cmjam <sup>-1</sup> | 7.2029                   | 6.6026              | 7.2029  | 451.8072 | 451.8072 |
| 5   | Koefisien serakan lempung | %                   | 11.8477                  | 0.1735              | 0.1865  | 1.4037   | 0.5189   |
|     | Had atterberg :           |                     |                          |                     |         |          |          |
| 6   | Had cecair (LL)           | %                   | 63.5414                  | 65.1012             | 62.0874 | 59.7867  | 60.6995  |
| 7   | Had Plastik (PL)          | %                   | 36.4586                  | 34.8988             | 37.9126 | 40.2133  | 39.3005  |
| 8   | Indeks Keplastikan (IP)   |                     | 0.6408                   | 1.3803              | 1.2318  | 1.4788   | 0.7425   |
|     | Taburan Saiz Partikel     |                     |                          |                     |         |          |          |
| 9   | Pasir                     | %                   | 73                       | 55                  | 91      | 80       | 97       |
| 10  | Lodak                     | %                   | 5                        | 3                   | 7       | 2        | 1        |
| 11  | Lempung                   | %                   | 22                       | 42                  | 2       | 18       | 2        |
| 12  | Tekstur tanah             |                     | Loam<br>lempung<br>pasir | Lempung<br>berpasir | Pasir   | Pasir    | Pasir    |
|     | (G)-gagal                 | (S)-stabil          |                          |                     |         |          |          |

Jadual 3: Ringkasan hasil dari analisis fiziko-kimia tanah di kawasan kajian (St 6–St 10)

| NO. | PARAMETER                 | UNIT                | S6       | S7            | S8      | S9                  | S10                      |
|-----|---------------------------|---------------------|----------|---------------|---------|---------------------|--------------------------|
|     | Lokasi Cerapan            |                     | (S)      | (G)           | (G)     | (S)                 | (S)                      |
| 1   | Ruang rongga              | %                   | 62.31    | 60.62         | 57.02   | 56.66               | 60.04                    |
| 2   | Kandungan bahan organik   | %                   | 1.38     | 1.55          | 2.09    | 1.62                | 1.70                     |
| 3   | Kekonduksian hidraulik    | cmjam <sup>-1</sup> | 2.7165   | 1.0741        | 6.4381  | 1.0000              | 3.6601                   |
| 4   | Kadar penyusupan          | cmjam <sup>-1</sup> | 110.4442 | 5.4022        | 5.4022  | 34.2137             | 13.8055                  |
| 5   | Koefisien serakan lempung | %                   | 1.4181   | 3.8403        | 1.7262  | 0.5161              | 0.0135                   |
|     | Had atterberg :           |                     |          |               |         |                     |                          |
| 6   | Had cecair (LL)           | %                   | 62.4429  | 71.8102       | 56.8196 | 56.6465             | 60.6549                  |
| 7   | Had Plastik (PL)          | %                   | 37.5571  | 28.1898       | 43.1804 | 43.3535             | 39.3450                  |
| 8   | Indeks Keplastikan (IP)   |                     | 1.3559   | 1.3408        | 0.5338  | 0.9773              | 1.1272                   |
|     | Taburan Saiz Partikel     |                     |          |               |         |                     |                          |
| 9   | Pasir                     | %                   | 88       | 78            | 90      | 62                  | 72                       |
| 10  | Lodak                     | %                   | 11       | 6             | 8       | 4                   | 5                        |
| 11  | Lempung                   | %                   | 2        | 16            | 2       | 35                  | 23                       |
| 12  | Tekstur tanah             |                     | Pasir    | Loam<br>Pasir | Pasir   | Lempung<br>berpasir | Loam<br>lempung<br>pasir |

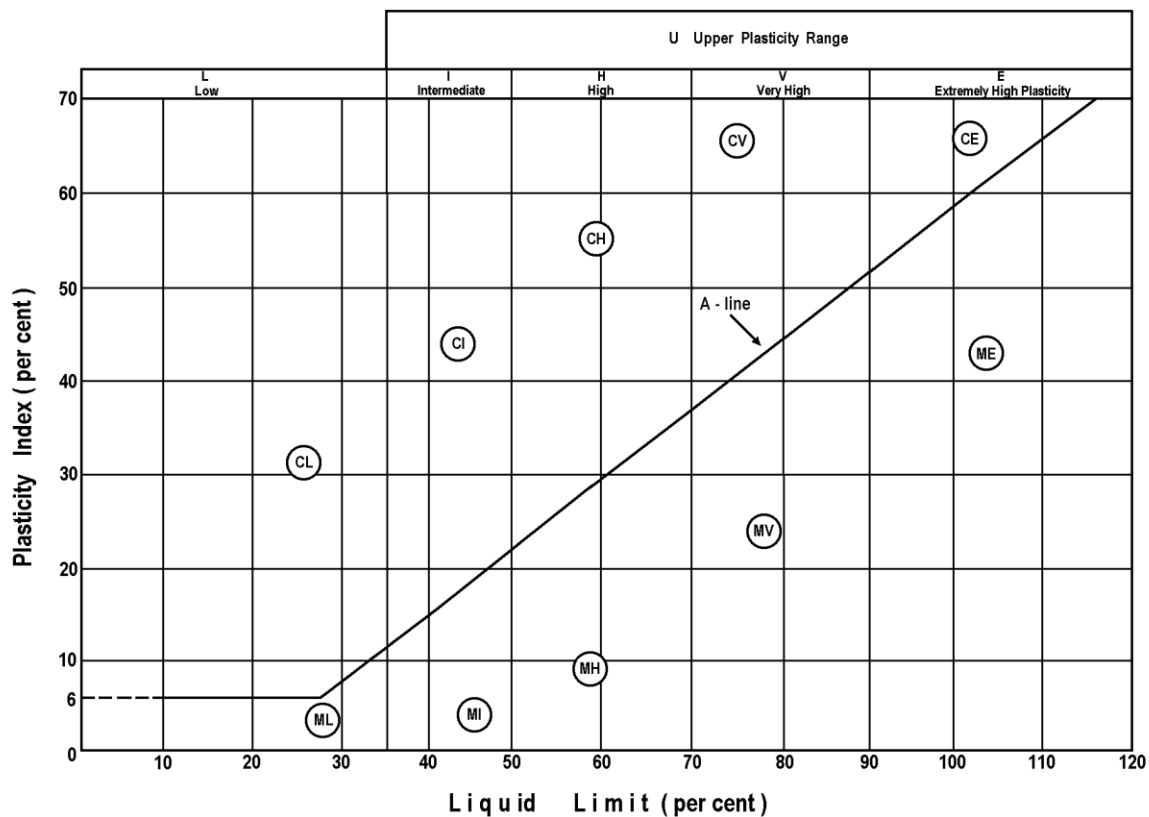


Rajah 6: Keputusan analisis saiz partikel di kawasan kajian

#### Had-had Atterberg

Hasil analisis makmal menunjukkan had plastik berada dalam julat 28.19% hingga 43.35% manakala had cecair berada dalam julat 56.65% hingga 71.81% (Jadual 2&3)). Berdasarkan pengelasan keplastikan tanah halus berdasarkan had cecair, didapati bahawa kesemua sampel tanah mempunyai keplastikan tinggi dan sangat tinggi. Had cecair bagi sampel tanah di stesen 7 adalah sangat tinggi, iaitu melebihi 70%. Manakala had cecair pada stesen yang lain adalah pada julat 50% hingga 65%.

Graf indeks keplastikan melawan had cecair diplotkan bagi mendapatkan carta keplastikan Casagrande bagi tanah kawasan kajian [16]. Rajah ini menerangkan sifat lempung atau sifat lodak dengan pemisahan garis A. Titik yang diplotkan di bawah garis A menunjukkan tanah jenis lodak manakala titik yang diplotkan di atas garis A menunjukkan tanah jenis lempung. Berdasarkan Rajah 7, didapati semua sampel tanah kawasan kajian adalah tanah jenis lodak dengan keplastikan tinggi (MH) dan sangat tinggi (MV).



Rajah 7: Carta keplastikan Casagrande bagi pengelasan sampel

### Pengukuran Kekonduksian Hidraulik

Kekonduksian hidraulik boleh mencirikan sifat tanah, menurut Klute (1969), kekonduksian hidraulik menurun dengan cepat dengan menurunnya kadar kandungan air dalam tanah. Hasil analisis makmal (Jadual 4), didapati bahawa kekonduksian hidraulik bagi sampel 7 dan 9 adalah agak perlahan ( $0.5 < K < 2.0$ ), sampel 1,2,3,6,10 adalah sederhana ( $2.0 < K < 6.25$ ), manakala bagi sampel 8 dan 4 adalah agak cepat ( $6.25 < K < 12.50$ ) dan sampel 5 adalah cepat ( $12.50 < K < 25.0$ ).

Menurut Bouma dan Anderson (1971), kewujudan rongga dan alur dalam tanah akan menjadikan nilai kekonduksian hidraulik tinggi, walaupun ia menyumbang kepada pembahagian yang minima kepada keporosan tanah. Hasil analisis korelasi juga menunjukkan kekonduksian hidraulik mempunyai hubungan yang signifikan dengan peratus kandungan bahan organik ( $r = 0.829$ ). Menurut Kohnke (1968), unsur kimia daripada pereputan organik mengambil tempat antara partikel lempung untuk membentuk agregat supaya meningkatkan kadar penyusupan dan ketelapan air pada tanah serta meminimumkan hakisan tanah.

Jadual 4: Pengelasan nilai kekonduksian hidraulik bagi semua stesen

| Stesen | Nilai kekonduksian hidraulik | Julat kekonduksian hidraulik | Kelas         | Tahap |
|--------|------------------------------|------------------------------|---------------|-------|
| 1      | 2.6316                       | 2.0 – 6.25                   | sederhana     | 4     |
| 2      | 5.7427                       | 2.0 – 6.25                   | sederhana     | 4     |
| 3      | 4.8576                       | 2.0 – 6.25                   | sederhana     | 4     |
| 4      | 11.8313                      | 6.25 – 12.50                 | agak cepat    | 3     |
| 5      | 22.8287                      | 12.50 – 25.0                 | cepat         | 2     |
| 6      | 2.7165                       | 2.0 – 6.25                   | sederhana     | 4     |
| 7      | 1.0741                       | 0.5 – 2.0                    | agak perlahan | 5     |
| 8      | 6.4381                       | 6.25 – 12.50                 | agak cepat    | 3     |
| 9      | 1.0000                       | 0.5 – 2.0                    | agak perlahan | 5     |
| 10     | 3.6601                       | 2.0 – 6.25                   | sederhana     | 4     |

Hubungan signifikan juga ditunjukkan antara peratus kandungan bahan organik dan nilai kadar penyusupan menggunakan infiltrometer ( $r = 0.847$ ). Menurut Stevenson (1994), bahan organik yang terbentuk di permukaan sisa tanah turut mempengaruhi pegangan air dengan mengurangkan penyejatan dan meningkatkan penyusupan air. Hasil analisis korelasi menunjukkan kekonduksian hidraulik mempunyai hubungan signifikan yang kuat dengan nilai kadar penyusupan menggunakan kaedah infiltrometer ( $r = 0.852$ ). Manakala analisis korelasi antara ketumpatan kumin dan kekonduksian hidraulik, menunjukkan hubungan yang signifikan ( $r = -0.829$ ).

#### Pengukuran Kadar Penyusupan

Nilai penyusupan semasa berlakunya tanah runtuh di Bukit Antarabangsa adalah ditafsirkan berdasarkan kiraan 10 hari jumlah hujan semasa runtuh dibahagikan dengan 10 hari jumlah hujan semasa persampelan. Nilai ini kemudiannya didarabkan dengan nilai kadar penyusupan semasa persampelan di lapangan. Berdasarkan kiraan tersebut, maka nilai semasa persampelan dan semasa berlakunya kegagalan dapat diperolehi seperti dalam Jadual 5. Nilai purata penyusupan semasa kegagalan meningkat sekali ganda dibandingkan dengan nilai penyusupan semasa persampelan, sedangkan stesen 4, 5 dan 6 yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan stesen yang lain (Jadual 5). Ini menunjukkan bahawa proses penyusupan air berlaku lebih pantas sebelum berlakunya kegagalan, terlebih lagi yang berlaku di stesen 4.5 dan 6.

Jadual 5: Nilai penyusupan semasa persampelan dan berlakunya kegagalan

| Stesen | Nilai penyusupan           |                          |
|--------|----------------------------|--------------------------|
|        | Semasa persampelan(cm/jam) | Semasa kegagalan(cm/jam) |
| 1      | 7.2029                     | 14.5882                  |
| 2      | 6.6026                     | 13.3724                  |
| 3      | 7.2029                     | 14.5882                  |
| 4      | 451.8072                   | 915.0526                 |
| 5      | 451.8072                   | 915.0526                 |
| 6      | 110.4442                   | 223.6845                 |
| 7      | 5.4022                     | 10.9412                  |
| 8      | 5.4022                     | 10.9412                  |
| 9      | 34.2137                    | 69.2936                  |
| 10     | 13.8055                    | 27.9605                  |

### Kesimpulan

Secara keseluruhannya, disimpulkan bahawa keadaan cerun di kawasan Bukit Antarabangsa dianggap kurang stabil disebabkan keadaan struktur geologinya yang lemah, seperti kawasan bertopografi tinggi, kemiringan cerun yang besar dan kandungan ketakselajaran yang tinggi. Jumlah air hujan yang tinggi menyusup masuk ke dalam tanah melemahkan struktur tanah dan menyebabkan proses luluhawa yang aktif yang menghasilkan tanah berpasir. Peratus ruang rongga yang tinggi meningkatkan tahap keporosan tanah, meningkatkan lagi kadar penyusupan. Kestabilan agregat yang rendah disebabkan bahan organik yang rendah menyebabkan kurangnya tahap pegangan air dalam tanah. Manakala, kadar kandungan air dalam tanah juga mempengaruhi halaju hidrolik konduktivitinya. Keamatan hujan yang tinggi, menyebabkan meningkatnya kandungan air bawah tanah kesan daripada penyusupan yang pantas. Pengelasan keplastikan tanah berdasarkan had cecair, didapati bahawa kesemua sampel tanah mempunyai keplastikan tinggi dan sangat tinggi. Kadar penyusupan dan kekonduksian hidrolik yang tinggi di kawasan cerun yang selamat, menunjukkan adanya kecenderungan berlakunya runtuh di masa hadapan, oleh yang demikian tindakan langkah keselamatan perlu dirancang dengan teliti.

### Penghargaan

Penulis mengucapkan sekalung penghargaan kepada Universiti Kebangsaan Malaysia dan Kementerian Pengajian Tinggi bagi penganugerahan geran penyelidikan UKM-OUP-PI-25-114/2010 dan UKM-ST-06-FRGS0115-2009. Terima kasih juga kepada Fakulti Sains dan Teknologi bagi penggunaan kemudahan penyelidikan.

### Rujukan

1. Syers J.K. & Rimmer D.L. 1994. *Soil science and sustainable land management in the tropics*. United Kingdom: Cab International. 77-78.
2. Fitzpatrick, E.A. 1974. *An Introduction to Soil Science*. New York: Longman Scientific and Technical. 255
3. Othman Yaacob & Shamshuddin Jusop. 1982. *Sains Tanah*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka, Kementerian Pelajaran Malaysia. 402
4. Young, A. 1980. *Tropical soils and soil survey*. Cambridge University Press. 468
5. Muhammad Barzani Gasim & Brunotte, D.A. 1987. Structural Behavior of Crocker Formation and its implication to landslides. 9<sup>th</sup> *Southeast Asian Geotechnical Conference, Bangkok, Thailand*, 7-11 December 1987. 1-57-1-67.
6. BERNAMA. 2009. Dua kementerian selaras garis panduan pembangunan kawasan cerun. <http://www.bernama.com/bernama/v5/bm/newsgeneral.php?id=432697>[13 Ogos].
7. Marhana Abdul Latif. 2006. *Penentuan kestabilan cerun disebabkan oleh penyusupan hujan*. Laporan Projek Sarjana Muda. Universiti Teknologi Malaysia.
8. Herbel C.H. & Gile L.H. 1972. Field moisture regimes and morphology of some Arid-land soils in New Mexico. In: Bruce R.R., Flach K.W. & Taylor H.M. *Field Soil Water Regime*. Wisconsin USA: Soil Science Society of America. 119–152.
9. Reynolds W.D. & Elrick D.E. 2005. *Measurement and Characteristic of Soil Hydraulic Properties*. Canada: CRC Press.
10. Miller D.E. 1973. Water retention and flow in layered soil profiles. In: Bruce R.R., Flach K.W & Taylor H.M (Edts). *Field Soil Water Regime*. 107-117. Wisconsin USA: Soil Science Society of America.
11. Shamshuddin Jusop. 1981. *Asas Sains Tanah*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka, Kementerian Pelajaran Malaysia. 273
12. Ng, T.F. 1994. Microstructures of the deformed granites of the eastern Kuala Lumpur-Implication for mechanisms and temperatures of deformation. *Bull. Geo. Soc. Malaysia* 35: 47-59.
13. Tjia, H.D. 1972. Fault movement, reoriented stress field and subsidiary structures. *Pacific Geology* 5: 49-70.
14. Azman, A.Ghani. 2000. Chemical variation of muscovite from the Kuala Lumpur granite, Peninsular Malaysia. *Bull. Geo. Soc. Malaysia* 44: 117-124.
15. Tan Siang Fei & Tajul Anuar Jamaluddin. 2000. Geologi kejuruteraan kawasan Taman Bukit Utama, Ulu Kelang-Ampang. *Bull. Geo. Soc. Malaysia* 44: 55-58.
16. Kez'di A. 1974. *Handbook of Soil Mechanics*. Jil. 1: Soil Physics. New York: Elsevier Publishing Company.