

Tragedi gelinciran tanah Taman Hillview (Taman Hillview landslide tragedy)

IBRAHIM KOMOO DAN LIM, C.S.

Institut Alam Sekitar dan Pembangunan (LESTARI)
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi Selangor

Abstrak: Gelinciran Tanah Taman Hillview berlaku pada 20 November 2002 telah memusnahkan sebuah rumah banglo dan mengorbankan lapan nyawa. Ia merupakan jenis gelinciran tanah kompleks iaitu gabungan gelinciran putaran di bahagian kepala, gelinciran di bahagian tengah, disusuli dengan aliran di bahagian kaki. Panjang gelinciran mencapai 200 m dengan kelebaran maksimum 50 m dan melibatkan sekitar 25,000 meter padu bahan cerun yang terganggu. Walaupun hujan lebat yang berterusan mencetus gelinciran, faktor penting lain yang menyebabkan gelinciran ialah kedudukan dalam zon gelinciran lama, bahan permukaan yang mudah mengalami kegagalan, lineamen geologi yang menggalak gelinciran, bentuk lembangan yang mempermudah pengumpulan air tanah, perataan dan penterasan cerun di bahagian atas gelinciran, dan dinding penahan lama yang rosak yang telah menggalak penumpuan air permukaan. Tragedi ini merupakan peristiwa ulangan pada gelinciran tanah lama yang boleh dielakkan sekiranya kajian risiko geobencana dijalankan dengan teliti sebelum pembinaan rumah yang telah musnah.

Abstract: The 20 November Taman Hillview landslide destroyed a bungalow house and eight lives were lost. The landslide was a complex landslide, i.e. a combination of rotation at the head and sliding in the middle which was followed by a flow occurrence at the toe. The landslide was up to 200 m long and 50 m at the maximum width, involving approximately 25,000 cubic metre of disturbed slope material. Even though continuous heavy rain triggered the sliding, various other important factors that contributed to the event were its location within an old landslide, surficial material prone to failure, geological lineament that facilitated sliding, shape of the old landslide that aided the accumulation of ground water, levelling and terracing at the upper part of the landslide area, and an old damaged rubble wall that encouraged the concentration of surface water. The tragedy was a recurrence of an old landslide that could have been avoided if a detailed geohazard risk study had been undertaken prior to the construction of the affected residence.

PENGENALAN

Gelinciran tanah di Taman Hillview pada 20 November 2002 yang telah memusnahkan sebuah rumah banglo dan mengorbankan lapan nyawa merupakan satu lagi tragedi geobencana tanah runtuh yang menjadi isu keselamatan negara dan telah menghantui masyarakat Malaysia yang tinggal di kawasan perbukitan dan pergunungan. Tragedi ini berlaku pada cerun bukit yang sama dengan tragedi tanah runtuh Highland Towers pada 11 Disember 1993 yang memusnahkan sebuah kondominium 12 tingkat dan mengorbankan 48 nyawa. Kedudukannya hanya sekitar 30 m ke selatan, dan mempunyai saiz serta orientasi gelinciran yang hampir sama.

Tragedi Taman Hillview boleh dielakkan sekiranya kajian saintifik di kawasan Bukit Antarabangsa dilakukan secara menyeluruh dan hasil kajian digunakan dalam proses perancangan dan pembangunan gunatanah. Peristiwa gelinciran ulangan pada suatu tanah runtuh lama merupakan fenomena yang sering berlaku, dan pembangunan di kawasan kaki gelinciran lama seharusnya dielakkan sekiranya tiada usaha penstabilan cerun yang berkesan di kawasan tersebut. Kertas ini mengemukakan hasil pemetaan geologi kejuruteraan terhadap gelinciran tanah Taman Hillview dan menghuraikan mekanisme kegagalan serta tafsiran factor penyebabnya.

GEOBENCANA TANAH RUNTUH

Semenanjung Malaysia selama ini dianggap sebagai kawasan yang bebas daripada risiko geobencana tanah runtuh. Hal ini disebabkan oleh keadaan seismisiti yang stabil, terrain geologinya secara relatif tua dan kebanyakan proses geomorfologi (pembentukan cerun) telah mencapai peringkat kematangan. Proses susutan darat tabii (hakisan dan tanah runtuh) berlaku dengan kadar yang perlahan dan melibatkan isipadu bahan yang kecil. Bagaimanapun, dalam dua dekad terakhir ini, kekerapan tragedi tanah runtuh semakin meningkat, dan di beberapa kawasan tertentu ia menunjukkan risiko yang tinggi serta telah menimbulkan isu *bencana kebangsaan* yang menarik perhatian masyarakat.

Kawasan Hulu Klang, terutamanya di sekitar Bukit Antarabangsa merupakan salah satu kawasan yang menghadapi risiko geobencana tanah runtuh yang tinggi. Sejak awal tahun 1980an, sekurang-kurangnya lapan peristiwa tanah runtuh telah dilaporkan oleh akhbar tempatan melibatkan kematian dan kerosakan harta. Kedudukan gelinciran tanah utama di kawasan ini ditunjukkan pada Rajah 1. Tragedi yang paling menyayat hati ialah apabila gelinciran tanah Highland Towers (*Landslide 2*) berlaku pada 11 Disember 1993 menyebabkan sebuah kondominium 12 tingkat runtuh dan mengorbankan

48 nyawa. Peristiwa ini telah mencetus kesedaran masyarakat serta pegawai pembuat dan pelaksana dasar mengenai risiko tanah runtuh di kawasan perbukitan, serta perlukan dasar dan garis panduan yang bersesuaian untuk pembangunan di kawasan tanah tinggi. Dua gelinciran tanah, masing-masing di jalan ke Bukit Antarabangsa dan berhampiran Athenaeum Tower (*Landslide 4 & 3*) berlaku pada 15 Mei 1999 juga telah menimbulkan pelbagai reaksi masyarakat mengenai risiko geobencana di kawasan perbukitan. Walaupun tiada nyawa terkorban, gangguan seperti kerosakan harta, putusnya hubungan ke kawasan ini, pemotongan bekalan air, pemindahan sejumlah penduduk dan tekanan psikologi menyebabkan ramai pihak mendesak pihak berkuasa tempatan melakukan sesuatu untuk penyelesaian jangka panjang.



Rajah 1. Kedudukan gelinciran tanah yang pernah berlaku sebelum Gelinciran Tanah Taman Hillview di kawasan Bukit Antarabangsa. Empat gelinciran tanah berada pada satu jajaran berarah sekitar 20° iaitu selari dengan muka cerun dan bersesuaian dengan orientasi lineamen geologi utama di sini.

GELINCIRAN TANAH TAMAN HILLVIEW

Pada 20 November 2002, sekitar jam 4.35 pagi, cerun bukit di sayap barat permatang Bukit Antarabangsa tergelincir lalu merempuh dan merobohkan sebuah rumah banglo yang berada di kaki bukit tersebut. Peristiwa gelinciran ini berlaku dengan kadar yang pantas iaitu hanya mengambil masa kurang daripada 4 minit. Dalam kejadian ini, sebahagian besar daripada banglo ini telah tertimbus oleh puing (debris) dan memerangkap 13 orang keluarga Tan Sri Ismail Omar yang berada di dalam rumah tersebut. Usaha menyelamatkan telah dilakukan selama lebih 24 jam, dan akhirnya 5 orang penghuni dapat diselamatkan sementara 8 orang lagi terkorban.

Gelinciran Tanah Taman Hillview (GTTH) berlaku pada cerun bukit yang agak landai, iaitu sekitar 20° hingga 30°, dan bersebelahan dengan tapak Gelinciran Tanah Highland Towers, tragedi 11 Disember 1995 yang telah mengorbankan 48 nyawa. Bentuk, saiz dan arah pergerakannya hampir sama. GTTH dianggarkan melibatkan cerun pada ketinggian 60 m hingga 100 m, dengan panjang permukaan gelinciran sekitar 150 m, purata lebar 35 m, dan melibatkan bahan puing yang bergerak sekitar 25,000 meter padu.

PEMETAAN GEOLOGI KEJURUTERAAN

Penyiasatan beberapa aspek geologi kejuruteraan GTTH telah dilakukan melalui tiga peringkat kajian: survei awalan, tafsiran berdasarkan fotograf udara dan pemetaan gelinciran tanah secara terperinci. Rupabumi gelinciran dan beberapa tanda gelinciran di lapangan ditunjukkan pada Rajah 2.

Survei Awalan

Survei awalan telah dilakukan pada 22 November 2005, dua hari selepas tragedi GTTH berlaku. Tinjauan ringkas ini bertujuan melihat kedudukan gelinciran tanah, orientasi, anggaran saiz, jenis bahan yang terlibat bagi membolehkan jenis, mekanisme dan faktor penyebab kegagalan ditafsirkan. Laporan khas telah disediakan dan diserahkan kepada pihak berkuasa di peringkat Persekutuan dan Negeri (Ibrahim Komoo, 2002).

Tafsiran Fotograf Udara

Tafsiran fotograf udara pernah dilakukan berpandukan fotograf tahun 1966, 1974, 1985, 1992 dan 1993 pernah dilakukan ketika menyiasat tragedy Highland Towers (MPAJ, 1994). Dalam kajian ini, selain maklumat daripada kajian terdahulu, fotograf udara tahun 1995 telah digunakan (Rajah 3).

Profil permukaan cerun kawasan GTTH ialah bergelombang. Ia terbentuk daripada satu lembangan berbentuk sudu atau ladam dengan cerun puncaknya agak curam dan cekung. Di kawasan tropika lembab, keadaan topografi sepertinya lazimnya terbentuk akibat peristiwa gelinciran tanah lampau (*old landslide*) atau lembah yang



Rajah 2. Beberapa fotograf menunjukkan ciri-ciri lapangan Gelinciran Tanah Taman Hillview. a) Pandangan ke atas – bahan cerun berpasir peroi ditumbuhi dengan belukar dan anak pokok; b) kepala gelinciran – bahagian kanan kelihatan dinding penahan yang membatasi kepala gelinciran, dan bukti gelinciran putaran yang ditunjukkan oleh beberapa pokok dicondongkan ke arah cerun; c) pandangan ke bawah – kerja penggalan dilakukan untuk membersihkan bahan runtuh dan menyelamatkan harta yang tertimbus; d) pandangan sisi – kelihatan dua bangunan Highland Towers iaitu tapak gelinciran tanah tahun 1995 yang mengorbankan 48 nyawa.

mengalami hakisan ekstensif. Permukaan bergelombang dengan sempadan berbentuk ladam ditafsirkan sebagai bekas gelinciran tanah yang telah mengalami pertumbuhan semula. Bahagian tona yang lebih cerah dengan tekstur yang lebih halus berbanding kawasan sekitarnya menunjukkan tumbuhannya lebih rendah, peratusan semak-samun lebih tinggi dan kadar hakisan lebih tinggi. Kesah hakisan galur dan tanda-tanda perlodakan menunjukkan kawasan ini masih aktif mengalami denudasi atau pergerakan cerun.

Morfologi seakan parut gelinciran tanah lampau hanya dapat dilihat pada fotograf 1985 dan 1995, dan tidak ketara dalam siri fotograf udara terdahulu. Oleh itu, telah berlaku suatu gelinciran tanah lama (pra-1985) di kawasan yang sama membentuk morfologi cerun landai yang bergelombang dengan sempadan tebing atasnya curam serta cekung. Saiz tanah runtuh lama ini di anggarkan 230 m panjang dan 70 m lebar (*Landslide 1* dalam Rajah 1). Gelinciran tanah baru (GTTH) ini berlaku di dalam gelinciran tanah lama, bersaiz lebih kecil iaitu sekitar separuh daripada gelinciran lama.

Berdasarkan tafsiran fotograf udara terdapat dua set lineamen geologi yang masing-masing berarah 20° dan 150° . Lineamen geologi lazimnya menggambarkan suatu zon lemah dalam sistem geologi yang boleh dikaitkan

dengan penjaluran berekahan tinggi, zon atau satah kekar. Lineamen berarah 20° merupakan zon lemah yang selari dengan orientasi cerun, mungkin turut mempengaruhi kejadian beberapa gelinciran tanah yang berlaku di kawasan ini.

Daripada fotograf 1995 juga dapat diperhatikan keadaan rupabumi di bahagian atas GTTH. Kawasan ini telah diratakan dan diteraskan untuk suatu projek perumahan. Kehadiran beberapa siri dinding penahan lama (*old rubble wall*). Sebahagian daripada dinding penahan masih kelihatan berada pada suatu kelurusan yang menggambarkan belum mengalami pergerakan yang ketara. Ada di antara dinding penahan yang kelihatan terputus, sama ada tidak dibina atau telah mengalami runtuh semasa atau selepas pembinaannya. Berdasarkan rona dan tekstur fotograf udara, kawasan ini mengalami kadar hakisan dan perlodakan yang tinggi.

Pemetaan Gelinciran Tanah

Pemetaan gelinciran tanah telah dilakukan pada 22 hingga 25 Disember 2002, iaitu lebih kurang sebulan selepas tragedi gelinciran ini. Pemetaan ditumpukan kepada ciri-ciri geomorfologi dan geologi kejuruteraan bagi menjelaskan fitur gelinciran dan faktor yang berperanan menyebabkan

kegagalan cerun. Pendekatan cerapan adalah berpandu kepada kaedah pemetaan yang lazim, umpamanya seperti yang disarankan oleh Sower & Royster (1978). Survei ringkas dilakukan di sekitar kawasan gelinciran sementara pemetaan terperinci berasaskan grid 10 m x 10 m dijalankan pada parut GTTH. Tumpuan diberikan kepada aspek geomorfologi, bahan permukaan dan aliran air tanah.

Hasil pemetaan geologi kejuruteraan ditunjukkan pada Rajah 4. GTTH merupakan sebuah gelinciran tanah bersaiz besar, melibatkan panjang keseluruhan mencapai 200 m dan lebar sekitar 50 m (di bahagian atas) hingga 30 m (di bahagian tengah dan bawah). Ketebalan bahagian yang tergelincir tidak dapat ditentukan, tetapi berdasarkan morfologi keseluruhan, mungkin tidak melebihi 10 m. Sudut cerun yang terlibat bersela antara 35° hingga 40° di bahagian kepala, 20° hingga 30° di bahagian tengah dan kurang daripada 10° di bahagian kakinya.

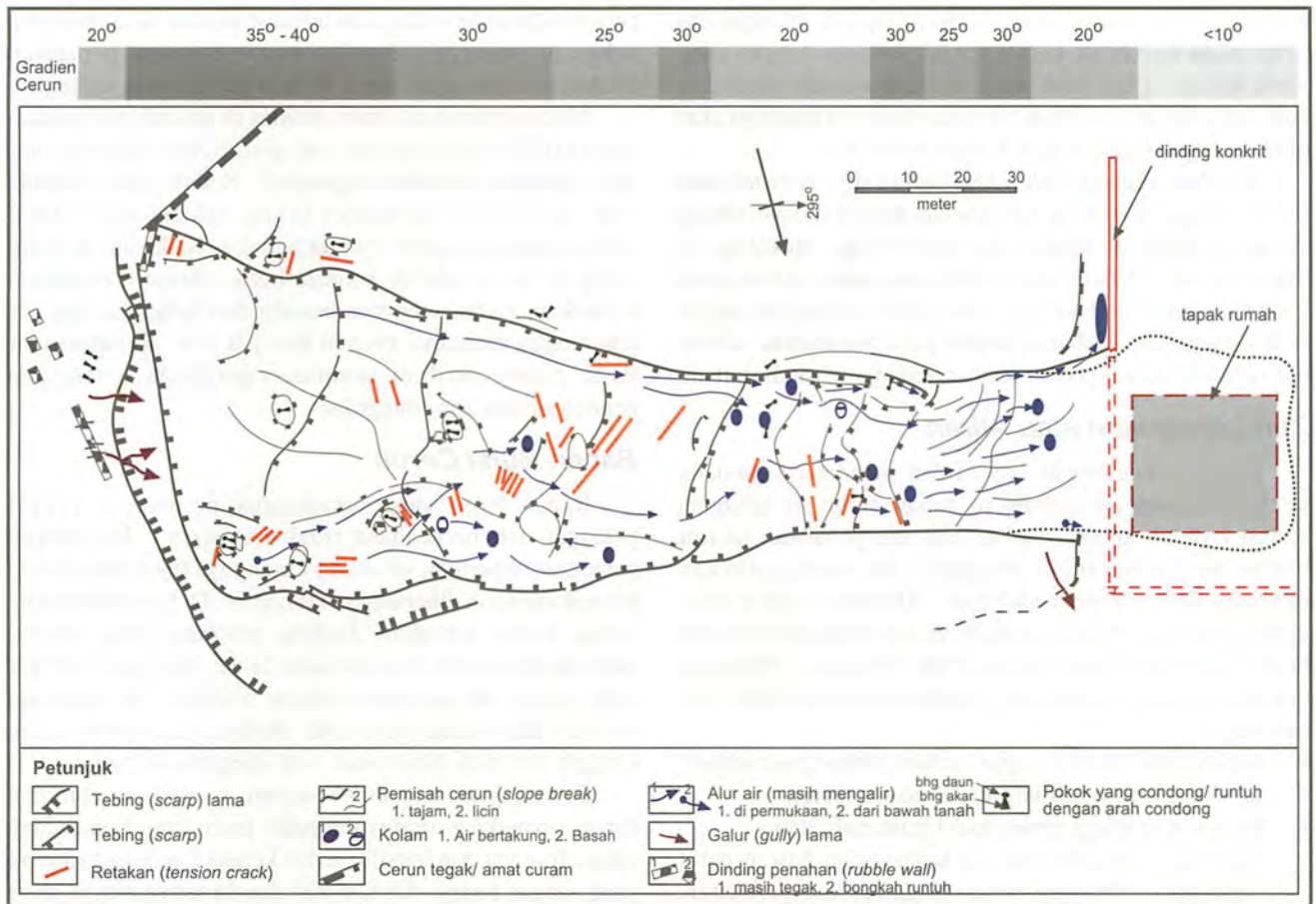
Zon Gelinciran

Tebing gelinciran utama (*main scarp*) dapat dilihat dengan jelas, mempunyai jatuhan maksimum (sekitar 5 m) di bahagian kepala, dan beransur berkurangan ke dua-dua sisinya. Terdapat sekurang-kurangnya empat tebing minor (*minor scarp*) yang masing-masing pada jarak 20 m, 50 m, 80 m dan 100 m dari kepala gelinciran, dan menunjukkan jatuhan dari 2.5 m hingga 0.5 m. Tebing minor ini mewakili beberapa siri gelinciran kecil di dalam parut GTTH. Struktur asal bahan yang tergelincir di bahagian ini masih dipertahankan, ini dibuktikan dengan kehadiran beberapa batang pokok yang berkeadaan tegak, sebahagiannya hanya termiring ke arah cerun, serta tekstur bahan bumi yang kelihatan kurang terganggu.

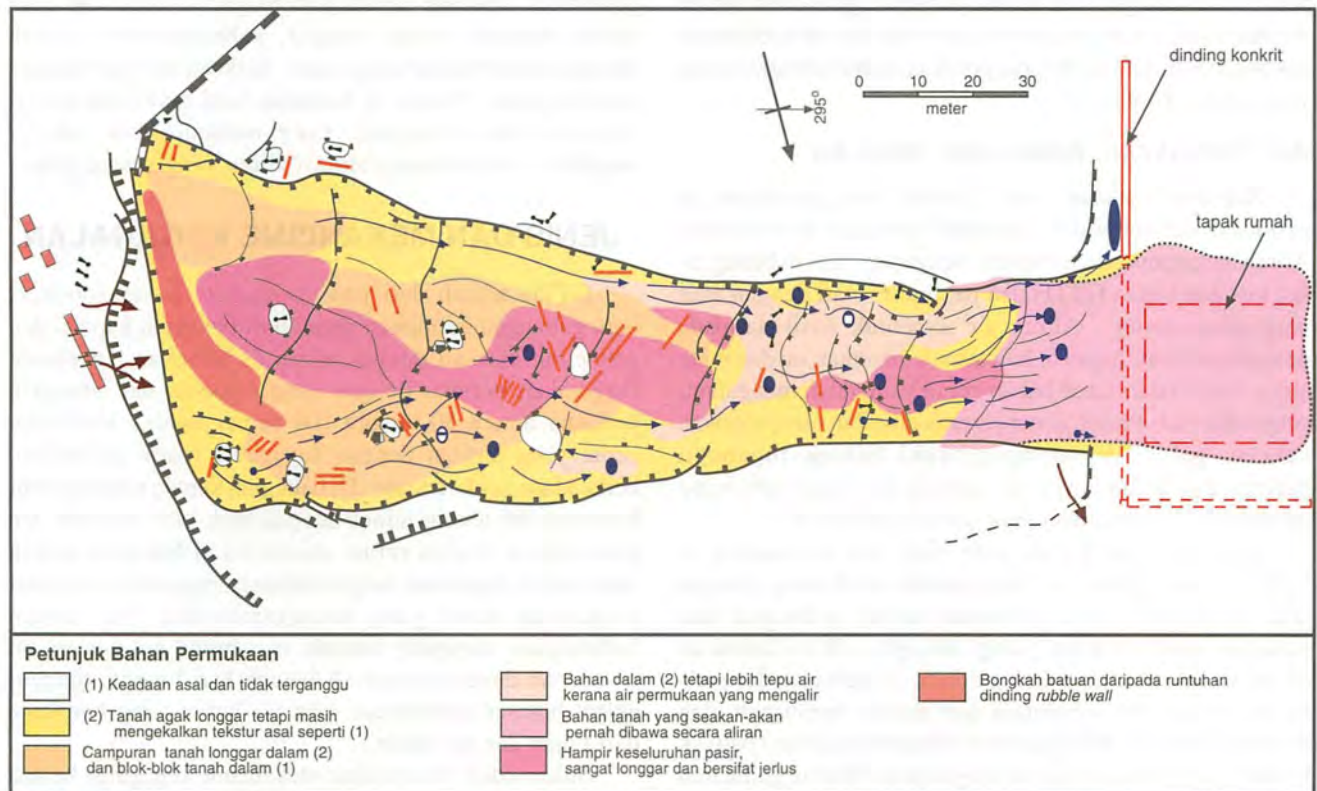
Wujud beberapa morfologi blok bahan bumi membentuk struktur 'pulau' akibat cengkaman kuat oleh akar tumbuhan. Blok-blok ini hanya mengalami gelinciran



Rajah 3. Fotograf udara bertarikh 8 November 1995 yang diterbitkan oleh Jabatan Ukur dan Pemetaan Negara. Kawasan bertona cerah menunjukkan perataan tapak perumahan yang terbiar di bahagian atas dan kesan gelinciran tanah lama iaitu lokaliti Gelinciran Tanah Taman Hillview.



Rajah 4. Peta geologi kejuruteraan Gelinciran Tanah Taman Hillview menunjukkan fitur-fitur lazim pada suatu rupabumi gelinciran.



Rajah 5. Taburan bahan bumi yang pelbagai dan tidak homogen pada Gelinciran Tanah Taman Hillview ini.

putara, sementara bahan di kelilingnya mengalami pergerakan ke bawah diikuti dengan hakisan dengan yang lebih ketara. Fitur blok menggambarkan satah gelinciran jauh lebih dalam (melebihi 5 m) dan tidak mengganggu akar tumbuhan yang terdapat di kawasan tersebut.

Rekahan regangan (*tension crack*) dijumpai tertabur secara meluas, kebanyakannya selari dengan dengan tebing utama di bahagian kepala dan sisi GTTH. Rekahan ini umumnya dikaitkan dengan perbezaan tegasan antara jasad yang bergerak, dan lazimnya berkeadaan menegak dengan arah pergerakan. Sebahagiannya pula berkeadaan miring (*en echelon*) akibat proses seretan sepanjang satah ricihan.

Zon Longgokan atau Aliran

Proses gelinciran ke bawah dan mendarat sepanjang satah gelinciran menyebabkan bahan cerun di bahagian bawah tertolak ke sisi dan ke atas menyebabkan tekstur bahan menjadi sangat longgar dan menggalakkan pengumpulan air yang berlebihan. Akibatnya bahan bumi lampau tepu (atau bersifat seakan cecair) bergerak ke bawah, berkemungkinan besar secara aliran (*flowing*). Beberapa tanda di tapak menyokong mekanisme pergerakan ini, antaranya:

- bahan bumi bersifat sangat lembut (seakan pasir jerlus);
- tekstur bahan bumi termusnah sama sekali;
- bentuk morfologi cerun asal termusnah; dan
- rupabumi bergelombang pada bahagian bawah parut mulai dari 110 m dari kepala hingga ke kaki gelinciran.

Proses pencecairan (*liquefaction*) lazim berlaku pada bahan cerun berpasir dan tepu air apabila diganggu oleh pergerakan dan gegaran akibat peristiwa gelinciran tanah. Akibatnya, keseluruhan permukaan cerun bawah kehilangan sokongan butirannya, dan bergerak ke bawah dengan kadar yang sangat pantas.

Air Permukaan, Kolam dan Mata Air

Rupabumi seakan sudu (*ladam*) menggalakkan air permukaan tertumpu dan mengalir masuk ke kawasan ini. Aliran air permukaan terbentuk dengan meluas di bahagian sisi kiri dan kanan GTTH dan mengalir selari dengan arah pergerakan cerun. Aliran air terbentuk hasil daripada pengumpulan air hujan di kawasan lembangan ini dan mata air (*seepage*) dari jasad bahan cerun yang telah mengalami pergerakan ini. Proses aliran permukaan telah menyebabkan hakisan galur dan mempengaruhi bentuk rupabumi gelinciran, khususnya di kedua-dua sisi sehingga menyukarkan pemetaan fitur tebing gelinciran.

Beberapa fitur kolam yang nipis dan memanjang di bahagian zon gelinciran, berorientasi melintang dengan arah pergerakan cerun terbentuk akibat gelinciran dan putaran muka cerun yang menghasilkan lekukan (*depression*) sepanjang tebing minor. Sebahagian daripada kolam ini bersifat sementara dan mudah termusnah oleh hakisan galur. Di bahagian zon longgokan (aliran) banyak kolam kecil terbentuk akibat pengangkatan bahan gelinciran dan proses pembentukan rupabumi bergelombang. Kolam-kolam kecil ini kelihatan lebih jelas beberapa hari selepas

peristiwa gelinciran dan akan termusnah atau menjadi kering beberapa minggu kemudiannya. Semasa pemetaan dilakukan sebahagian besar kolam ini telahpun kering.

Mata air tertabur secara meluas di seluruh permukaan parut GTTH, khususnya di bahagian bawah tebing minor dan sepanjang rekahan regangan. Sebahagian daripada mata air ini masih merembes keluar walaupun telah lebih sebulan peristiwa gelinciran ini berlaku. Kadar aliran untuk setiap mata air adalah berbeza-beza. Semasa pemetaan dilakukan, kadar rembesan bersela dari beberapa liter per jam hingga mencapai ratusan liter per jam. Rembesan air tanah paling aktif di sempadan peralihan antara zon gelinciran dan zon longgokan.

Bahan Bumi Cerun

Bahan bumi yang membentuk permukaan GTTH pelbagai dan berkeadaan tidak homogen. Berasaskan pemetaan terperinci, sekurang-kurangnya tujuh jenis bahan permukaan telah dikenalpasti (Rajah 5). Di bahagian kepala wujud bahan runtuh dinding penahan yang terhasil daripada gelinciran lama bersama tanah yang agak longgar tetapi masih mengekalkan tekstur asalnya. Di bahagian sisi kiri dan kanan gelinciran terdapat campuran tanah longgar dan blok-blok tanah asal yang masih padat.

Di bahagian tengah gelinciran, hampir keseluruhan bahan permukaan terdiri daripada pasir yang berkeadaan sangat longgar dan bersifat jerlus kerana kandungan airnya yang sangat tinggi. Di sisi kiri dan kananya wujud pasir yang agak longgar tetapi masih mengekalkan tekstur asalnya. Pada zon pengangkatan iaitu limit terbawah gelinciran, keadaan tanah permukaannya dicirikan oleh bahan berpasir yang longgar, sebahagiannya masih mengekalkan tekstur asal, tetapi berkeadaan tepu hingga bersifat jerlus. Bahan di bahagian kaki gelinciran terdiri daripada tanah berpasir yang menunjukkan tekstur bergelombang dengan orientasi aliran yang sangat jelas.

JENIS DAN MEKANISME KEGAGALAN

GTTH adalah dari jenis *gelinciran tanah kompleks* iaitu gabungan gelinciran putaran di bahagian kepala, dan gelinciran disusuli dengan aliran di bahagian bawahnya. Pergerakan berlaku dengan sangat pantas dan mungkin berkadar antara 50 hingga 100 m per minut. Morfologi cerun yang terlibat dengan kegagalan (parut gelinciran) berkeadaan agak rencam. Di bahagian kepala terdapat fitur beberapa siri tebing minor dengan blok-blok terputar dan dimiringkan ke arah cerun, sementara di bahagian bawah pula wujud rupabumi bergelombang dengan beberapa set penjaluran selari yang menggambarkan fitur aliran. Sebahagian daripada bentuk rupabumi gelinciran ini termusnah dengan pantas (beberapa hari hingga minggu) akibat hakisan permukaan oleh air larian yang berpunca dari hujan dan air tanah.

Sukar untuk menentukan mekanisme kegagalan kerana ia berlaku dengan pantas dan melibatkan mod pergerakan yang rencam. Berasaskan bukti lapangan mekanisme

kegagalan GTTH boleh dihuraikan mengikut turutan berikut:

- Di sebabkan oleh ketakstabilan, bahan bumi pada cerun di ketinggian sekitar 100 m, terletak di bahagian bawah dan bersempadan dengan dinding penahan lama memulakan kegagalan (ke arah barat) sepanjang satah gelinciran (*sliding plain*) dengan jatuhan maksimum sekitar 5 m membentuk tebing utama (*main scarp*). Pergerakan awal ini diikuti oleh beberapa siri gelinciran kecil, sekurang-kurangnya empat gelinciran dikenalpasti masing-masing membentuk tebing minor (*minor scarp*) dengan jatuhan maksimum antara 0.5 hingga 2.5 m, dan berkedudukan pada jarak sekitar 20, 50, 80 dan 100 m dari kepala gelinciran. Gelinciran dengan sedikit putaran ke arah cerun mungkin mempunyai anjakan maksimum hanya 10 m. Tumbuhan yang belum tumbang dan berkeadaan condong ke arah cerun menggambarkan mekanisme putaran dan anjakan yang terbatas ini. Satah gelinciran utama muncul ke permukaan sekitar 140 m dari kepala gelinciran.
- Akibat daripada pergerakan sepanjang satah gelinciran, bahan bumi cerun tertolak ke sisi dan atas mengakibatkan tekstur bahan menjadi longgar dan menggalakkan lagi lebih banyak air tanah terkumpul di dalam bahan yang telah pun tepu. Dalam masa yang pantas sebahagian besar bahan cerun kehilangan sokongan butiran dan bergerak ke bawah secara aliran (*flowing*) seperti yang ditunjukkan oleh beberapa fitur aliran pada bahan cerun yang gagal di bahagian kaki GTTH ini. Aliran puing (*debris flow*) ini bergerak dengan sangat pantas ke bawah cerun, merempuh, menimbus dan memusnahkan banglo kepunyaan Tan Sri Ismail Omar.

Mekanisme aliran debris sepanjang sekitar 80 m di bahagian bawah GTTH ini bertanggungjawab memusnahkan rumah banglo dan mengorbankan lapan orang yang terperangkap di bawah timbunan rumah dan puing.

FAKTOR MEMPENGARUHI KEGAGALAN

GTTH berlaku secara serta merta (atau sangat pantas) dan mengambil masa kurang dari empat minit (berdasarkan saksi yang mendengar bunyi pergerakan cerun ini). Banyak faktor yang mempengaruhi suatu kegagalan cerun dan adalah tidak munasabah mengaitkan kegagalan dengan satu atau dua faktor sahaja. Kegagalan cerun biasanya dijelaskan berdasarkan faktor pencetus (*triggering*) dan sejumlah faktor penyebab (*causing*) mengikut keutamaan.

Faktor Pencetus

Peristiwa gelinciran tanah atau tanah runtuh di kawasan tropika lembap, khususnya di Malaysia lazimnya teretus oleh fenomena hujan yang lebat dan berlaku pada tempoh masa yang panjang. GTTH dicetus oleh faktor yang sama. Ciri hujan, jumlah curahan per jam, per hari dan per

minggu perlu dianalisis bagi melihat bagaimana factor pencetus ini memainkan peranannya untuk sesuatu terrain bahan bumi tertentu. Aspek ini tidak dikaji dan dijangka akan dimaklumkan oleh pasukan penyiasat rasmi yang diketuai oleh IKRAM.

Faktor Penyebab

Faktor penyebab kegagalan secara umum boleh dibahagikan kepada dua iaitu faktor geologi dan faktor bukan geologi. Faktor geologi boleh dikaitkan dengan ciri-ciri bahan cerun (litologi), geomorfologi (fitur lembangan, cerun dan saluran) dan hidrogeologi (regim air tanah). Sementara faktor bukan geologi sering dikaitkan dengan perubahan muka cerun tabii oleh aktiviti manusia.

Bagi GTTH, berdasarkan cerapan dan pemetaan lapangan dan tafsiran fotograf udara, sekurang-kurangnya enam faktor penyebab kegagalan telah dikenalpasti iaitu:

- Perletakan GTTH dalam parut (*scar*) gelinciran tanah lama. Hampir semua gelinciran tanah lama akan mengalami gelinciran ulangan sekiranya faktor pencetus menggalakkan, dan ini merupakan faktor utama yang menyebabkan tragedi GTTH ini;
- Sifat bahan bumi cerun yang asal yang terbentuk daripada tanah baki dan bahan terluluhawa lengkap granit yang bersifat berpasir (*sandy*) merupakan litologi yang sering mengalami tanah runtuh, khususnya dalam keadaan tepu dan lampau tepu;
- Rupabumi lembangan yang berbentuk seakan sudu (*ladam*) menggalakkan penumpuan saluran permukaan dan takungan air tanah yang berlebihan;
- Lineamen geologi (zon lemah) yang selari dengan muka cerun menggalakkan luluhawa kimia yang tinggi dan mempermudah perlonggaran bahan bumi di kawasan ini; dan
- Aktiviti perataan dan penterasan di bahagian atas GTTH menggalakkan peresapan air tanah, penambahan susut cerun pada bahagian tertentu, penambahan beban, dan peningkatan kadar hakisan dan perlodakan.

Kerosakan beberapa dinding penahan lama menggalakkan penumpuan dan saluran air permukaan pada bahagian tertentu, dan meningkatkan kadar hakisan serta resapan air tanah.

PERNYATAAN PENUTUP

Peristiwa GTTH berlaku di dalam parut tanah runtuh lama. Berpandukan cerapan lapangan di mana parut tebing utamanya dijumpai beberapa meter di atas tebing utama GTTH, dan berasaskan bentuk rupabumi dan ciri-ciri tumbuhan, GTTH terjadi di dalam sayap kanan gelinciran lama seperti yang ditunjukkan pada Rajah 6. Berdasarkan perbezaan vegetasi, morfologi parut dan tanda di lapangan, gelinciran lama mempunyai panjang yang hampir sama dengan GTTH, tetapi lebar di bahagian kepalanya hampir dua kali ganda (sekitar 100 m). Parut gelinciran lama ini boleh diperhatikan pada fotograf udara tahun 1985, oleh itu ia dipercayai berlaku pada atau sebelum 1985. Tiada



Rajah 6. Fotograf dari udara menunjukkan kedudukan Gelinciran Tanah Taman Hillview di dalam parut gelinciran tanah lama.

laporan awam mengenai gelinciran ini kerana kemungkinan ia tidak melibatkan kerosakan harta atau nyawa.

Gelinciran lama, khususnya apabila bahan tergelincir masih berada di muka cerun merupakan kawasan yang berisiko sangat tinggi mengalami gelinciran ulangan. Pemetaan geologi kejuruteraan rantauan bertujuan mengesan kedudukan kawasan yang terlibat dengan gelinciran lama. Maklumat ini penting untuk mentafsir tahap risiko geobencana suatu kawasan perbukitan, mengenali jenis dan mekanisme kegagalan, dan meramal kejadian gelinciran tanah di masa hadapan.

GTTH merupakan tragedi geobencana yang boleh dielakkan. Berasaskan tafsiran fotograf udara dan bukti lapangan, ia merupakan peristiwa gelinciran tanah ulangan. Tanda-tanda ketakstabilan jelas sebelum tragedi ini berlaku, umpamanya beberapa siri runtunan atau gerakan cerun yang kecil, dan kadar hakisan yang sangat aktif. Dalam

suatu perancangan pembangunan bermaklum dan berhati-hati, tidak seharusnya pembinaan banglo dibenarkan di laluan suatu gelinciran tanah lama tanpa penyediaan penstabilan cerun yang berwibawa.

RUJUKAN

- IBRAHIM KOMOO, 2002. *Laporan Khas Tanah Runtuh Hillview – 20 November 2002, 4.30am Ampang Jaya, Selangor*. Institut Alam Sekitar dan Pembangunan (LESTARI) UKM (tidak diterbitkan).
- MPAJ, 1994. *Report of the Inquiry Committee Into the Collapse of Highland Towers Condominium, Selangor*. Majlis Perbandaran Ampang Jaya, Selangor.
- SOWER, G.F. DAN ROYSTER, D.L., 1978. Field Investigation. In: *Landslides: Analysis and Control*. Special Report on Transport Research Board, National Research Council 176. National Academy of Sciences, Washington.

Manuscript received 24 February 2003