

Faktor Manusia dan Kegagalan Cerun di Malaysia (HUMAN FACTORS AND SLOPE FAILURES IN MALAYSIA)

Tajul Anuar Jamaluddin

Geology Department
University of Malaya
50603 Kuala Lumpur

Abstrak: Kebanyakan pengkaji geoteknik dan geologi cerun menyenaraikan faktor-faktor seperti geologi bahan pembentuk cerun, air, perluluhawaan, kelemahan pada rekabentuk dan geometri cerun, struktur geologi (ketakselajaran), pembebanan di atas cerun, pemotongan kaki cerun, gegaran dan pelbagai alasan teknikal sebagai penyebab sesuatu kegagalan cerun. Amat jarang yang cuba mengaitkannya dengan perbuatan manusia atau faktor manusia. Hasil kajian yang dilakukan ke atas pelbagai kes kegagalan cerun di negara ini mendapati bahawa kebanyakan kes kegagalan cerun tersebut amat berkait rapat dengan faktor manusia, khususnya kecuaiian, ketidakcekapan, kurang atau kelemahan pada sistem penyelenggaraan, pengabaian input geologi, pelanggaran etika, dan pelbagai sikap negatif pada diri manusia itu sendiri. Dalam iklim tropika lembab yang menerima curahan hujan yang tinggi sepanjang tahun, cerun-cerun di Malaysia umumnya agak sensitif terhadap hujan. Sebarang kecuaiian manusia terhadap keberkesanan sistem saliran cerun boleh mengundang kegagalan. Penggunaan tenaga kerja yang tidak mahir dan kurangnya penyeliaan profesional semasa kerja-kerja pemulihan atau rawatan cerun juga boleh menyebabkan kegagalan. Keengganan mengambilkira input geologi dalam kerja-kerja pembinaan dan kawalan kestabilan cerun juga adalah antara faktor yang menjadi punca kegagalan cerun. Dalam kebanyakan kes, kelemahan sistem dan kurangnya penyelenggaraan adalah faktor penyumbang terpenting yang menyebabkan kegagalan cerun di negara ini.

Abstract: Most workers on the geotechnical and geological aspects of slopes have identified various factors for causing slope failures. These include geology of the slope-forming materials, water, weathering, poor slope design and geometry, geological structures (discontinuity), loading above slope, toe undercutting, vibration and many other technical factors. Very seldom they are related to actions of human being or human factors. Results of extensive studies on many cases of slope failures in this country indicated that in most cases the slope failures can be largely attributed to human factors, such as negligence, incompetence, lack of and poor maintenance system, ignorance of geological inputs, unethical practice, and various negative attitudes of human self. In a wet tropical climate with a continuous heavy and prolonged rainfall throughout a year, slopes in Malaysia are generally very sensitive to precipitation. Human negligence on the efficiency of drainage system is just unacceptable and may induce slope failures. Unskilled workers and lack of professional supervision during slope construction, protection or rehabilitation works can also be considered as important contributing factors toward slope failure. Ignorance on the importance of geological inputs in the design and construction works is also some examples of human factor in causing slope failures. In most cases, lack of and poor maintenance practice are the most significant in causing slope failures in this country.

PENDAHULUAN

Kejadian kegagalan cerun merupakan peristiwa geobencana yang sering menjadi ancaman kepada manusia dan hartabenda serta aktiviti. Walaupun tiada data statistik yang tepat, kekerapan kejadian kegagalan cerun di Malaysia semakin meningkat saban tahun. Peningkatan kes geobencana ini berkait rapat dengan pembangunan infrastruktur (e.g. lebuh raya, jalan raya, empangan dan kawasan pertempatan baru) yang semakin pesat dan mendesak hingga merebak ke terain-terain perbukitan (Tajul Anuar Jamaluddin *et al.*, 2003). Bilangan cerun, sama ada cerun potongan atau cerun tambahan, semakin banyak walaupun tidak diketahui berapa jumlah sebenarnya jika dihitungkan di seluruh negara kerana tiada badan khusus yang merekodkannya.

Teknologi semakin maju. Berbagai-bagai kaedah penyiataan dan penilaian kestabilan cerun kini terdapat di pasaran. Begitu juga dengan kaedah dan peralatan penstabilan dan perlindungan cerun. Namun kegagalan cerun masih berlaku dan terus bertambah. Permasalahan ini seolah-olah tiada penghujungnya. Di Malaysia, persoalan ini cuba digarap oleh ramai pengkaji (e.g. Abd. Ghani Rafek *et al.*, 1989; Ibrahim Komoo & Abdul

Ghani Rafek 1988; Ibrahim Komoo, 1997, 1998; Tajul Anuar Jamaluddin, 1990, 1999, 2002, 2004, Tan, 1987a, b). Bagaimanapun, kajian-kajian yang dilakukan hanya berkisar tentang permasalahan geoteknikal. Penjelasan yang memuaskan hati cuba dicari melalui kajian-kajian geoforensik ke atas cerun-cerun yang gagal. Pelbagai penjelasan, sama ada dari segi geologi, kejuruteraan, geoteknik, meteorologi, dan geomorfologi, cuba diketengahkan untuk menjelaskan faktor-faktor penyebab kegagalan cerun.

Kertas ini cuba menghurai permasalahan kegagalan cerun dari aspek faktor manusia, iaitu perbuatan manusia yang membina dan menyelenggara cerun, yang mana sama ada disedari atau tidak, menjadi pendorong atau pembuka jalan kepada ketidakstabilan dan seterusnya menyebabkan cerun gagal. Tujuan utama kertas ini antara lainnya ialah untuk menyedarkan kita bahawa sebarang perubahan ciri geomekanik bahan/jasad batuan pembentuk cerun dan proses-proses semulajadi (geologi/geomorfologi) yang bertindak pada cerun, sebenarnya dipercepat atau diperburukkan lagi oleh aktiviti manusia itu sendiri. Beberapa contoh sebenar dikemukakan dalam kertas ini untuk memberikan gambaran yang lebih jelas. Diharapkan

pihak-pihak yang berkepentingan dapat mengambil pengajaran dan tindakan yang proaktif menjaga dan memelihara cerun yang dipertanggungjawabkan kepadanya..

KEGAGALAN CERUN – JENIS DAN FAKTOR PENYEBAB

Sesebuah cerun dikatakan gagal apabila bahan pembentuk cerun bergerak menuruni cerun atau bergerak keluar daripada permukaan asal cerun. Kadar pergerakannya pula boleh jadi pantas (beberapa m/s) hingga sangat perlahan (beberapa cm/tahun). Bahan pembentuk cerun itu pula boleh jadi terdiri daripada batuan, tanah, gabungan antara kedua-duanya (tanah dan batuan) atau debris.

Kegagalan cerun lazimnya dikelaskan dengan mengambil kira *jenis bahan pembentuk cerun* (tanah, batuan, bahan tambakan, dsbnya), *kadar pergerakan* (sangat pantas, pantas, sederhana, perlahan, sangat perlahan, berkala, dsbnya), *mekanisme kegagalan* (jatuhan, rayapan, aliran, gelinciran, gelonsoran, dsbnya), *bentuk permukaan satah kegagalan* (samada berbentuk satah, garis lengkung, tak sekata), *saiz atau isipadu* (kecil, besar, sederhana), *bentuk dan geometri kegagalan* (baji, satah, blok, bidur, cetek, dalam, dsb). Skema pengelasan kegagalan cerun yang sering digunapakai ialah pengelasan oleh Varnes (1958). Untuk kegagalan cerun batuan pula pengelasan oleh Hoek & Bray (1981) sering menjadi rujukan. Di Malaysia, pengelasan oleh Ibrahim Komoo (1986) boleh juga digunakan kerana ia mengambilkira faktor tempatan, kerana perluluhawaan yang pesat serta hujan yang kerap dan lebat sering mencetus kegagalan dalam bentuk hakisan (Tajul Anuar Jamaluddin, 1990). Di Malaysia, kegagalan cerun tanah yang berdarjah risiko tinggi adalah kegagalan jenis gelonsoran dalam, geliciran-aliran dan aliran debris (e.g. Tajul Anuar Jamaluddin *et al.*, 2003). Manakala kegagalan cerun batuan jenis baji dan tebalikan atau runtuh batuan juga pernah beberapa kali meragut nyawa dan memusnahkan harta benda (e.g. Shu & Lai, 1980; Shu *et al.*, 1981; Chow & Abd Majid Sahat, 1999). Kegagalan-kegagalan jenis tersebut di atas berisiko sangat tinggi kerana pergerakannya yang sangat pantas dan berlaku dalam skala yang besar serta mampu bergerak dalam jarak yang jauh.

Dalam kebanyakan kes di Malaysia, hujan lebat yang berpanjangan sering menjadi faktor pencetus kegagalan. Kebanyakan kegagalan cerun berlaku pada musim-musim tengkujuh di antara bulan November hingga Februari setiap tahun. Ada juga kejadian-kejadian tanah runtuh pada bulan-bulan lain. Namun peristiwa tersebut tetap berkait rapat dengan peristiwa hujan lebat pada waktu kejadian atau beberapa hari sebelum peristiwa kegagalan.

Faktor-faktor penyebab kegagalan cerun di Malaysia telah banyak diperbincangkan. Ini meliputi faktor-faktor geologi (e.g. Tan, 1996; 1987a; 1987b; 1988; Ibrahim Komoo, 1986; Tajul Anuar Jamaluddin 1990, 2002, 2004, Abdul Ghani Rafek *et al.* 1989; Raj, 1999) dan faktor kejuruteraan (e.g. Ting, 1994). Kebanyakan pengkaji mengakui bahawa antara faktor-faktor penting yang menyebabkan kegagalan cerun adalah: geologi bahan pembentuk cerun, pengaruh air larian permukaan, air bawah tanah, perluluhawaan, struktur geologi

(ketakselajaran), kelemahan pada rekabentuk cerun, pemotongan kaki cerun (toe undercutting), gegaran dan pembebanan di atas cerun. Namun jarang-jarang sekali yang mengakui bahawa antara punca utama kepada gejala kegagalan cerun ialah faktor manusia (McCall, 1992). Faktor kecuaiian manusia seolah-olah cuba disembunyikan dibalik huraian-huraian teknikal yang hanya boleh difahami oleh segelintir golongan profesional yang hanya mahir dalam bidang kejuruteraan geoteknikal dan/atau geologi kejuruteraan cerun.

FAKTOR MANUSIA

Faktor manusia terhadap kegagalan cerun tidak dapat dikesan melalui ujian-ujian makmal atau lapangan yang dilakukan ke atas sampel-sampel bahan pembentuk cerun. Faktor manusia lazimnya hanya boleh dikesan melalui penyiasatan di lapangan. Faktor ini makin terserlah apabila di dapati cerun-cerun lain yang berada dalam situasi (geologi bahan, rekabentuk, geometri dan pengaruh cuaca dan proses geologi) yang sama, didapati gagal kerana berpunca daripada satu atau beberapa perbuatan manusia. Kita perlu sedar, jika cerun sesebuah bukit itu tidak dipotong oleh manusia terlebih dahulu, kemungkinan besar kegagalan tidak akan berlaku kerana pemotongan cerun bermakna kita telah mengganggu keseimbangannya (Ibrahim Komoo, 1996).

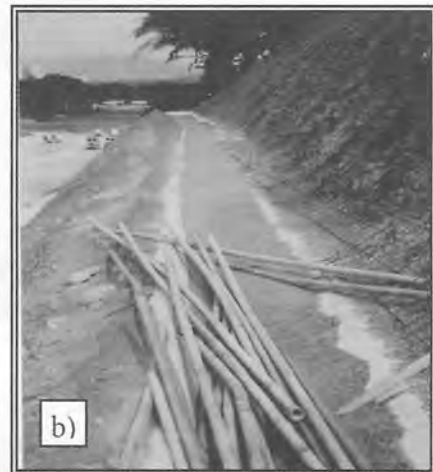
Hasil pemerhatian selama lebih 17 tahun berkecimpung dalam arena penyiasatan kestabilan dan kegagalan cerun, didapati banyak contoh perbuatan dan tindakan manusia yang membuka jalan kepada proses-proses tabii yang boleh mencetus ketakstabilan hingga menyebabkan sesebuah cerun gagal. Terlalu panjang menyenaraikan sesebuah cerun gagal. Terlalu panjang menyenaraikan jika hendak diperincikan satu persatu. Bagaimanapun, untuk permudahan skop perbincangan, faktor-faktor manusia yang boleh menyebabkan kegagalan cerun boleh dikategorikan kepada 4 faktor utama yang berikut:

- Kecuaian
- Ketidakcekapan
- Kedegilan/Kejahilan
- Ketidakakuran/Perlanggaran etika

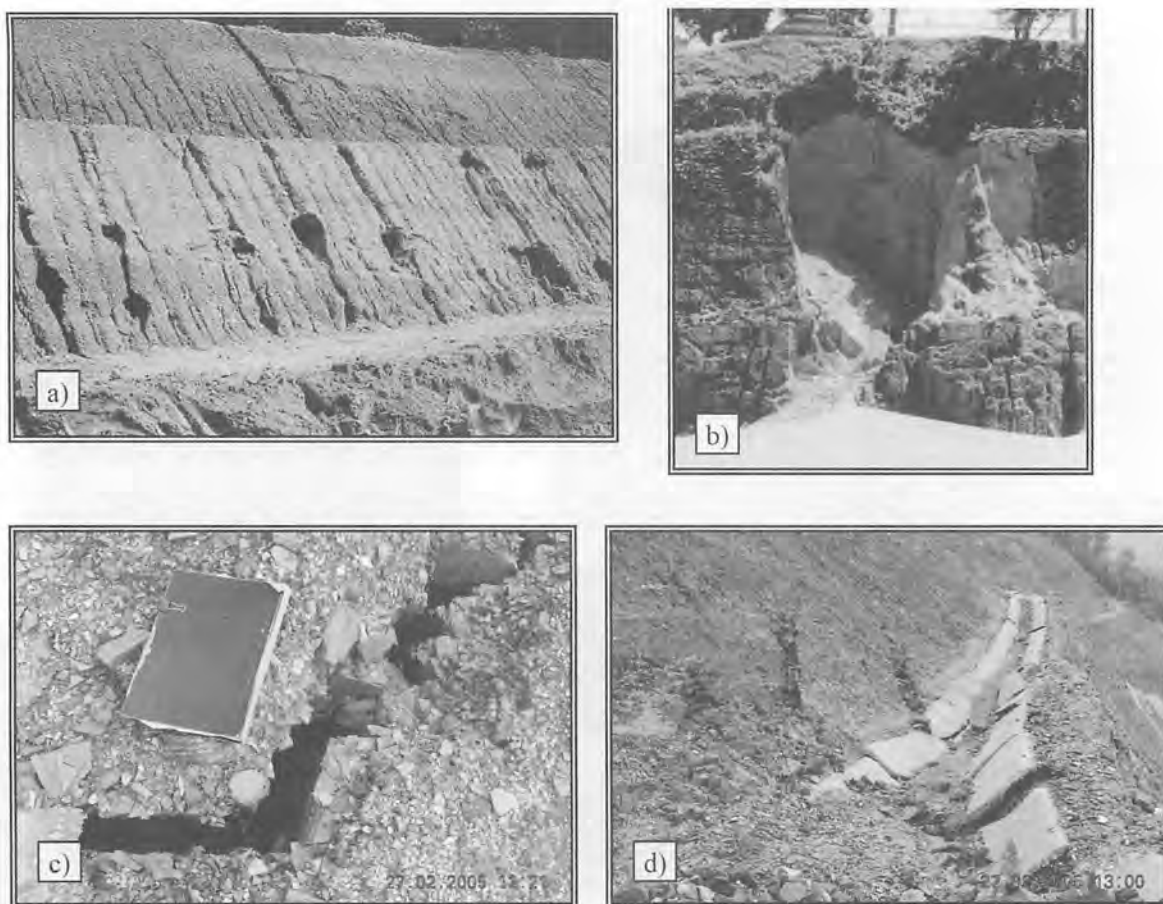
Dalam kebanyakan kes, ke empat-empat faktor ini saling berkait rapat antara satu sama lain. Adakalanya agak sukar untuk membezakannya secara eksklusif. Sebagai contoh, kecuaiian tidak akan berlaku jika seseorang itu sememangnya cekap di dalam pekerjaannya, mahir atau tidak jahil, serta sentiasa akur kepada peraturan dan prosedur.

1) KECUAIAN MANUSIA

Faktor kecuaiian manusia dikenalpasti sebagai faktor yang paling dominan peranannya menyebabkan kegagalan cerun di Malaysia. Kecuaian manusia ini boleh dikesan sama ada di peringkat pembinaan mahupun sesudah siap pembinaan cerun. Lazimnya kecuaiian manusia lebih terserlah setelah cerun siap dibina. Cerun ditinggalkan begitu sahaja untuk suatu jangkamasa yang panjang, lebih-lebih lagi jika tiada sistem penyelenggaraan yang baik. Antara bentuk-bentuk kecuaiian manusia yang sering ditemui adalah seperti yang disenaraikan seperti berikut:



Rajah 1: Beberapa contoh tipikal yang menjadi bukti kecuaiian manusia terhadap kawalan sistem saliran pada cerun: a) Longkang pada cerun yang masih dalam pembinaan dipenuhi lodak. b) Air yang melimpah daripada longkang yang dibiarkan tersumbat. c) Retakan terbuka pada longkang tangga (cascading drain). d) Kegagalan telah pun berlaku akibat resipan air daripada longkang yang retak di bahagian atasnya. e) Contoh tipikal dari 2 buah cerun yang berlainan. Air mengalir di tepi longkang dan menyebabkan hakisan. f) Discas air dari "horizontal drain" tidak disaliri dengan sempurna.



Rajah 2: Beberapa contoh bukti kecuaiian manusia terhadap tanda-tanda awal ketakstabilan cerun.

a) Proses hakisan yang pada awalnya berbentuk galir kini semakin membesar membentuk galur hingga sukar untuk di kawal. b) Hakisan yang dibiarkan hingga membentuk galur yang besar. c) Rekahan yang terbuka pada sebuah cerun yang gagal dibiarkan tidak ditutup. d) Longkang yang telah rosak perlu diperbaiki segera.

1.1 Kawalan sistem saliran cerun

Kecuaiian dalam kawalan sistem saliran cerun, samada saliran permukaan dan sub-permukaan, adalah penyumbang terbesar kepada penyebab kegagalan cerun di Malaysia. Ini kerana Malaysia menerima curahan hujan yang lebat dan kerap sepanjang tahun. Cerun-cerun di Malaysia sentiasa memerlukan sistem saliran yang sempurna sepanjang hayatnya. Sebarang kecacatan atau ketidaksempurnaan pada sistem saliran cerun hanya akan mengundang bencana, baik di peringkat awal pembinaan mahupun sesudah siap pembinaan cerun.

Daripada cerapan-cerapan lapangan, antara bentuk-bentuk kecacatan dalam sistem kawalan saliran cerun, yang berpunca daripada kecuaiian manusia; adalah seperti berikut:

a) *Longkang tersumbat* – samada berpunca daripada perlodakan, ditutupi rumput dan semak-samun, dan/atau puing-puing yang jatuh daripada bahagian atas cerun. Longkang-longkang sementara perlu dibina sebaik sahaja memulakan kerja-kerja tanah, dan setiap longkang tersebut perlu di selenggara supaya tidak tersumbat lebih-lebih lagi pada musim

hujan. Dalam contoh yang ditunjukkan oleh Rajah 1a), longkang pada cerun ini ternyata telah dipenuhi oleh lodak hingga menyebabkan limpahan (overflow) yang bakal mengundang masalah hakisan dan jika dibiarkan berpanjangan mampu menyebabkan kegagalan cerun. Dalam contoh berikut (Rajah 1b)), kegagalan cerun yang besar ini antara lainnya disebabkan oleh air yang melimpah daripada longkang-longkang yang tersumbat oleh rumput-rumpai dan semak-samun.

b) *Longkang rosak* – Longkang-longkang yang telah dibina pada cerun seharusnya diawasi daripada sebarang bentuk kebocoran samada patah, retak atau pecah, yang membenarkan resipan masuk air ke dalam cerun. Ini boleh menyebabkan penapaian bahan cerun dan seterusnya mencetus kegagalan. Rajah 1c) menunjukkan satu contoh tipikal di mana longkang tetangga yang menuruni cerun ini telah retak dan terbuka. Retakan terbuka ini menjadi laluan yang berkesan untuk resipan masuk air ke dalam jasad cerun. Dalam kes yang ditunjukkan oleh Rajah 1d), sebuah kegagalan cerun telah pun berlaku betul-betul

Faktor Manusia dan Kegagalan Cerun di Malaysia

di bawah longkang yang retak, dan kebetulan pula longkang tersebut sentiasa mengalirkan air yang dikutip daripada bahagian atas cerun.

- c) *Air tidak mengalir di dalam alur longkang.* Air larian permukaan boleh jadi mengalir di tepi atau di luar alur longkang atau perparitan sekiranya rekabentuk sistem saliran tidak dibuat dengan betul. Banyak kes hakisan yang serius di permukaan cerun disebabkan oleh masalah ini. Walaupun cerun dilengkapi dengan longkang-longkang konkrit, tetapi disebabkan oleh kecuaiannya manusia, air mengalir di tepi atau di luar dan bukannya di dalam longkang. Ini jelas dapat diperhatikan daripada Rajah 1e).
- d) *Pengaliran keluar (discharge) air daripada pemetung atau paip saliran (weepholes) yang tidak disaliri dengan sempurna* (e.g. Rajah 1f)). Aliran keluar air daripada pemetung bawah tanah tidak disudahi dengan sempurna. Kejadian seumpama ini banyak berlaku pada lebuh raya-lebuh raya di kawasan perbukitan (Tajul Anuar Jamaluddin, 1987, 1990), di mana platform jalan raya/lebuhraya dibina di atas cerun potongan-tambakan.

1.2 Kurang penyelenggaraan

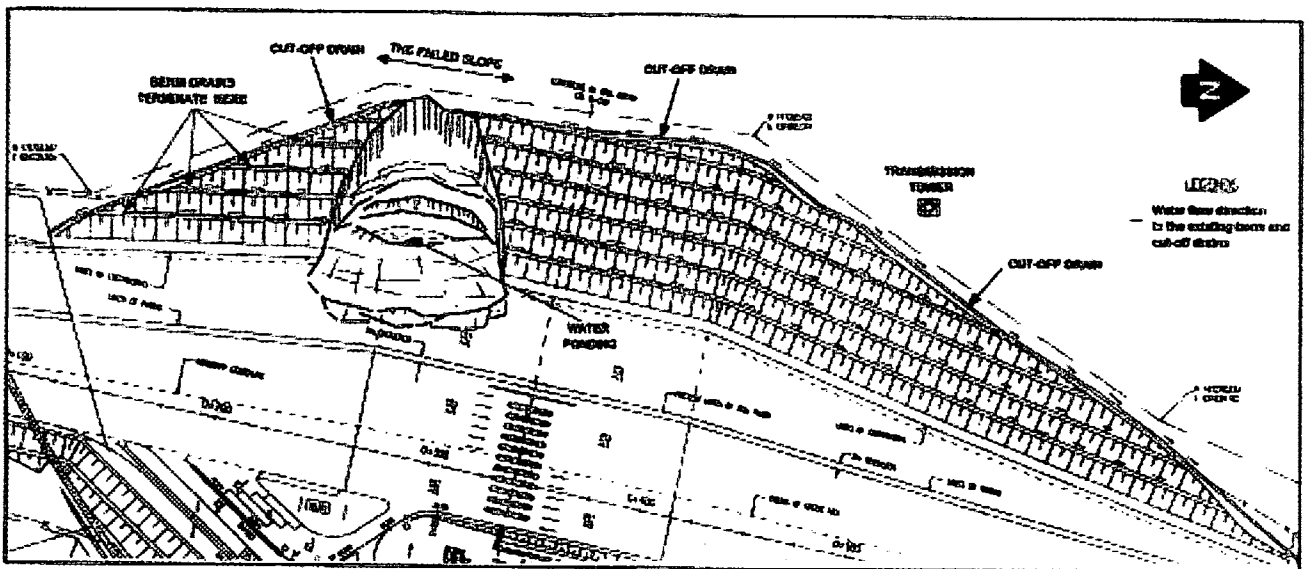
Kecuaian manusia terhadap penyahstabilan cerun seringkali berkait rapat dengan kurangnya penyelenggaraan. Kurang penyelenggaraan atau kelemahan pada sistem penyelenggaraan merupakan salah satu faktor yang paling banyak menyumbang terhadap kegagalan cerun di Malaysia. Berikut diberikan beberapa contoh yang menjadi bukti kurangnya penyelenggaraan.

- a) *Hakisan.* Hakisan bertindak pada kadar yang agak perlahan menyebabkan proses ini adakalanya diabaikan pada peringkat awal. Oleh kerana kurangnya penyelenggaraan, hakisan yang pada awalnya berbentuk galir berkembang dan membesar

hingga menjadi galur yang semakin dalam, memotong kaki cerun dan seterusnya menyebabkan runtuhannya yang besar (Rajah 2a, b)

- b) *Penyerapan air ke dalam jasad cerun.* Rekahan-rekahan yang terbuka pada permukaan cerun menandakan cerun mengalami tegasan atau berada di peringkat awal proses kegagalan. Tanpa sistem penyelenggaraan berkala yang berterusan menyebabkan kewujudan tanda-tanda ketakstabilan cerun ini tidak disedari oleh pihak yang bertanggungjawab. Resapan air ke dalam rekahan-rekahan ini mempercepatkan penipisan bahan pembentuk cerun atau mengurangkan rintangan ricih di sepanjang satah-satah ketakselajaran di dalam cerun. Kecuaian manusia mengesan dan mengambil tindakan segera untuk menutupi rekahan-rekahan terbuka ini boleh mengundang kegagalan cerun (Rajah 2c, 2d).

Pernah berlaku suatu kes dimana sebuah cerun potongan-tambakan pada sebuah lebuh raya di kawasan perbukitan, telah mengalami kegagalan pada bahagian tambakannya. Penggerudian lubang bor dilakukan di atas bahu jalan kerana ingin menyiasat punca kegagalan cerun pada bahagian tambakan tersebut. Bagaimanapun, disebabkan oleh ketiadaan pengawasan dan penyeliaan, lubang bor tersebut dibiarkan tidak bertutup sesudah selesai kerja-kerja penggerudian. Disebabkan oleh kecerun platform lebuh raya, air larian yang terhasil pada setiap kali hujan lebat didapati tertumpu dan mengalir masuk ke dalam lubang bor tersebut. Selepas beberapa hari hujan, cerun tambakan tersebut gagal dengan saiz dan isipadu yang lebih besar kerana bahan pembentuk cerun menjadi tepu akibat daripada resapan air yang berlebihan melalui lubang bor yang tidak tertutup tersebut. Namun kes ini tidak dilaporkan seperti yang sepatutnya. Sepertimana biasa, sebaliknya hujan yang dipersalahkan sebagai faktor penyebab kegagalan cerun.



Rajah 3: Perlencongan aliran air di permukaan cerun yang tidak sesuai. Perhatikan tanda anak panah kecil yang menunjukkan arah aliran air di dalam longkang teres cerun.



Rajah 4: Bukti ketidakmahiran pekerja yang melaksanakan kerja-kerja pembinaan struktur perlindungan cerun. a) Paip PVC tersebut dibiarkan dalam keadaan tergantung dan bahagian pangkalnya tersumbat akibat semburan konkrit itu sendiri. b) Paip sesalur yang dipenuhi dengan semburan konkrit.

2. KETIDAKCEKAPAN (INCOMPETENCY) MANUSIA

Pembinaan cerun memerlukan tenaga kerja mahir hampir di semua peringkat, bermula dari peringkat perancangan, penyiasatan awal, kerja-kerja tanah, hingga ke peringkat penyelenggaraan. Begitu juga halnya untuk kerja-kerja pemulihan dan perawatan cerun setelah berlakunya kegagalan. Ketidakecakapan tenaga kerja, terutama di peringkat pengumpulan data, analisis dan rekabentuk cerun tidak seharusnya dibenarkan berlaku jika hendak menghasilkan sebuah cerun yang selamat untuk jangkamasa panjang. Penglibatan tenaga-tenaga kerja tidak mahir, umpamanya dalam kerja-kerja pembinaan di tapak, seharusnya sentiasa diawasi dan diselia oleh tenaga kerja mahir. Beberapa contoh yang diberikan berikut ini menggambarkan faktor ketidakecakapan manusia, ditambah pula dengan unsur-unsur ketidakakuratan, kecuaiian dan keegoan pihak-pihak tertentu, yang boleh menyebabkan kegagalan cerun.

a) *Rekabentuk sistem saliran yang tidak sempurna.* - Sistem saliran di atas cerun seharusnya mengambil kira jarak laluan air menuruni cerun. Jarak laluan yang dipilih seelok-eloknya adalah yang paling minima untuk meminimumkan peluang air daripada melimpah ke atas atau meresap ke dalam jasad cerun sekiranya longkang tersumbat, rosak atau patah. Bagaimanapun bagi kes yang ditunjukkan dalam Rajah 3, sistem saliran cerun direkabentuk tanpa mengambil kira faktor yang dinyatakan di atas. Air larian permukaan yang terkumpul daripada setiap cerun teres "dipaksa" melalui jarak yang jauh di sepanjang teres cerun sebelum dikumpul di dalam longkang tetangga (cascading drain) dan seterusnya mengalir keluar dari cerun. Apabila berlaku kerosakan yang tidak disedari pada longkang, peluang untuk air melimpah keluar adalah tinggi. Kesan daripada limpahan air longkang di atas cerun boleh jadi amat buruk terhadap kestabilan cerun. Akibatnya cerun tersebut gagal dalam bentuk gelonsoran dalam yang sangat besar dan menelan kos yang amat tinggi untuk kerja pembaikpulihan.

b) *Penglibatan tenaga kerja tidak mahir yang tidak diawasi* - Penglibatan tenaga kerja tidak mahir dan yang tidak cekap berlaku akibat kebanyakan tenaga-tenaga buruh asing dalam industri pembinaan, tidak terkecuali pembinaan cerun. Contoh yang dikemukakan ini melibatkan kerja-kerja perlindungan cerun potongan batuan di sebuah lebuh raya utama di Semenanjung Malaysia. Cerun potongan ini telah dikenalpasti berpotensi menyebabkan jatuhan/runtuhan batuan. Bagaimanapun, juruteraanya berpendapat bahawa cerun seperti ini boleh "distabilkan" dengan kaedah semburan konkrit (shotcrete) yang diperkukuh dengan jaringan besi (wire mesh) dan dilengkapi dengan lubang pengaliran (weepholes). Walaupun hasil kajian yang dilakukan oleh perunding geologi kejuruteraan mengesyorkan agar blok-blok batuan yang longgar dicungkil keluar dari cerun atau diperkukuh dengan bolt batuan (rock bolt) sebelum semburan konkrit dilakukan. Namun syor tersebut tidak diendahkan atas alasan utama kesuntukan masa dan bajet. Alasan yang diberikan oleh jurutera perunding dan kontraktor ini mungkin boleh dikategorikan sebagai suatu kecuaiian atau kedegilan yang tidak beretika jika berlaku sesuatu yang tidak diingini pada cerun tersebut.

c) Malah seperkara lagi faktor manusia yang paling membimbangkan ialah apabila didapati kaedah pembinaan lapisan konkrit tersebut tidak menepati piawaian dan spesifikasi yang dijangkakan. Kesemua ini disebabkan oleh pekerja-pekerja yang melakukan semburan konkrit tersebut ternyata tidak mahir dan tidak memahami fungsi sebenar struktur semburan konkrit tersebut. Buktinya jelas apabila lekukan-lekukan pada permukaan cerun batuan tersebut disumbat dengan bongkah-bongkah batuan dan semburkan dengan konkrit supaya hasil akhir semburan kelihatan rata dan lebih kemas. Lebih menyedihkan lagi, paip-paip PVC yang sepatutnya diletakkan rapat ke dinding permukaan batuan atau dipasang ke dalam lubang yang digerudi di dalam jasad batuan, hanya dibiarkan tergantung pada jaringan besi. Apabila disembur dengan konkrit, bahagian pangkal paip tersebut turut tersumbat dengan konkrit.

Maka jadilah paip pengairan tersebut sebagai “perhiasan” sahaja pada permukaan akhir semburan konkrit. Justeru tidak hairanlah apabila didapati kebanyakan lubang pengairan (weepholes) pada muka-muka cerun semburan konkrit kelihatan kering. Kering bukan kerana ketiadaa aliran air bawah tanah, tetapi kering walaupun pada musim hujan kerana bahagian pangkal paip tersebut sebenarnya tersumbat dengan konkrit (Rajah 4).

- d) *Penyelenggaraan cerun yang tidak diawasi*- Penyelenggaraan amat penting untuk memastikan kestabilan cerun untuk jangka masa panjang. Bagaimanapun jika kerja-kerja penyelenggaraan diserahkan sepenuhnya kepada kontraktor atau pekerja yang tidak didedahkan dengan ilmu pengetahuan tentang aspek-aspek teknikal kestabilan cerun, maka timbullah fenomena seperti “tikus membaiki labu”.

Contoh yang dikemukakan berikut ini menggambarkan kerja-kerja pemotongan rumput yang terlalu agresif hingga kesemua tumbuh-tumbuhan, termasuklah anak-anak pokok yang tumbuh secara semulajadi, ditebang dan cerun seakan-akan kembali gondol (Rajah 5a). Anak-anak pokok tersebut mengambil masa bertahun-tahun untuk tumbuh dan hidup subur di atas cerun. Walaupun tidak diketahui dengan pasti samada pokok tersebut boleh membawa kesan negatif terhadap kestabilan cerun, namun tindakan “memusnahkan” tumbuh-tumbuhan semulajadi dari atas cerun; seolah-olah ia tidak membawa sebarang faedah kepada alam sekitar dan kestabilan cerun, adalah suatu tindakan yang tidak bijak. Ambil sahaja kesan tadahan yang disediakan oleh setiap anak pokok yang tumbuh di atas cerun tersebut. Andaikan sahaja sehelai daun daripada anak pokok tersebut mampu menadah 1ml air hujan daripada terus menimpa dan meresap ke dalam cerun. Bayangkan faedah yang mampu diberikan oleh sebatang anak pokok kepada cerun tersebut. Bagaimana pula kalau ada seratus atau seribu anak pokok? Dan andaikan saja sekiranya setiap anak pokok tersebut mempunyai 1000 helai daun? Kesan tadahan atau penampungan sementara air hujan yang disediakan oleh tumbuh-tumbuhan ini mampu mengelakkan pembentukan air larian permukaan daripada

menghakis muka cerun dan mengurangkan kadar peresapan air ke dalam jasad cerun. Itu belum lagi diambil kira kesan evapotranspirasi oleh tumbuh-tumbuhan tersebut dalam mengurangkan kandungan air di dalam jasad cerun dan kesan pengukuhan tekstur tanah oleh sistem rangkaian akarnya. Oleh itu, adalah lebih wajar sekiranya anak-anak pokok ini dicantas sahaja pucuk atau dahan-dahannya agar ia boleh terus hidup dan mendatangkan faedah kepada kestabilan cerun dan juga untuk faedah penghijauan alam sekitar.

Suatu lagi contoh yang menarik ialah apabila tumbuh-tumbuhan sengaja dibakar atau dibiarkan terbakar (Rajah 5b). Walaupun tidak dapat dipastikan bagaimana cerun ini terbakar hingga gondol, namun kebakaran ini pastinya berpunca daripada kecuaiian manusia. Cerun yang telah gondol ini pastinya akan terdedah kepada bencana hakisan, resapan air dan tidak mustahil akhirnya gagal.

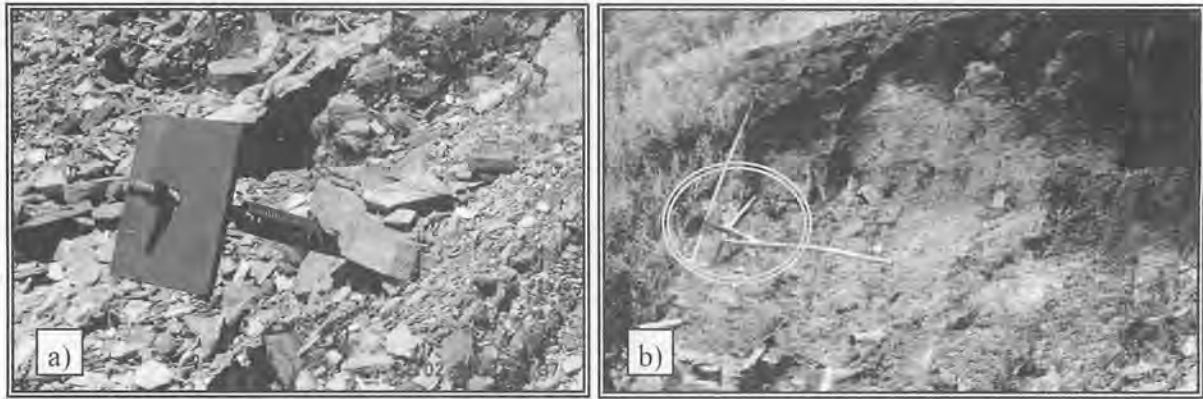
3. KEDEGILAN/KEJAHILAN MANUSIA

Kedegilan atau keangkuhan di suatu pihak berkepentingan biasanya berpunca daripada kejahilan mereka sendiri. Oleh kerana gagal memahami dan menghargai kepentingan input geosains dalam kerja-kerja kejuruteraan cerun, menyebabkan golongan ini berpendapat fungsi geologis hanya terhad kepada penentuan jenis batuan, sejarah geologi dan usia batuan sahaja (e.g. Gue, 1996a,b). Banyak kes kegagalan cerun di Malaysia didapati berpunca daripada sikap segelintir pihak yang sering memandang rendah kepentingan input geologi di dalam rekabentuk cerun dan aplikasi struktur-struktur penstabilan cerun yang digunapakai. Berikut diberikan beberapa contoh tipikal.

Pengabaian input geologi.- Pengabaian input atau parameter geologi yang penting, seperti perluluhawaan, ketakselajaran, proses-proses geomorfologi cerun, kelakuan bahan, dalam aspek kejuruteraan cerun oleh pihak jurutera mungkin boleh difahami. Bagaimanapun sekiranya pengabaian input geologi berpunca daripada seorang geologis adalah suatu perkara yang amat mendukacitakan. Contoh yang ditunjukkan dalam Rajah 6, menjelaskan dengan sendirinya situasi sebenar yang wujud. Penggunaan kaedah perlindungan cerun dengan menggunakan pepaku tanah (soil nails) pada cerun yang



Rajah 5: Ketidakhadiran atau kejahilan pekerja? a) Anak-anak pokok yang sedang membesar di atas cerun ditebang sehabis-habisnya. b) Sebuah cerun yang baru sahaja terbakar (atau sengaja dibakar?) menyebabkannya gondol.



Rajah 6: Kedegilan atau kejahilan manusia? Penggunaan kaedah pepaku tanah (soil nails) pada cerun a) terkekar hebat, dan b) terluluhawa tinggi (tanah) dan curam ternyata tidak banyak membantu menstabilkan cerun.

curam dan terdiri daripada batuan terluluhawa tinggi (tanah kejuruteraan) dan terkekar dengan padat ternyata merupakan suatu pembaziran. Ini jelas merupakan suatu lagi jenis faktor manusia, walaupun sukar dipastikan samada ianya berpunca daripada kedegilan atau kejahilan jurutera ataupun geologis yang bertanggungjawab. Ternyata kaedah perlindungan cerun yang digunakan tidak mengambilkira parameter geologi yang penting seperti perluluhawaan, ketakselajaran dan geologi bahan pembentuk cerun.

Terdapat beberapa bentuk lagi kedegilan atau kejahilan manusia yang telah secara tidak langsung menyumbang kepada penyebab kegagalan cerun. Contohnya, pengabaian parameter-parameter geologi semasa pemilihan laluan lebuhraya (*alignment selection*), hingga menyebabkan laluan yang dipilih itu merentasi zon-zon sesar besar yang mana jasad batuannya tericah dan terkekar dengan padat. Sedangkan masih ada laluan yang lebih baik, yang bebas daripada pengaruh tabii zon-zon sesar besar atau kecelaan geologi (*geological defects*) sekiranya pemilihan laluan tersebut dilakukan dengan nasihat daripada geologis pakar.

Dalam hal seperti ini, kedegilan seumpama ini adakalanya memang disengajakan. Alasan utamanya ialah kerana kekurangan peruntukan (budget) untuk mendapatkan khidmat geologis dalam kerja-kerja rekabentuk dan pemilihan laluan sesebuah lebuhraya yang bakal dibina. Sikap sesetengah jurutera perunding dan/atau pemilik projek yang terlalu memikirkan keuntungan menyebabkan berlakunya situasi seperti mana yang diungkapkan oleh peribahasa Melayu "takut titik lalu tumpah". Kononnya ingin menjimatkan kos, tetapi tanpa disedarinya akibat daripada pengabaian input geologi, kos pembinaan dan pembaikpulihan cerun yang gagal, meningkat berkali-kali ganda daripada kos yang dijangkakan. Projek Lebuhraya Timur-Barat Gerik-Jeli merupakan suatu contoh yang tipikal untuk menjelaskan keadaan ini (Tajul Anuar Jamaluddin, 1990).

4. KETIDAKAKURAN/ PERLANGGARAAN ETIKA (PENIPUAN)

Selagi bergelar manusia yang tamak mengejar keuntungan tanpa mahu bekerja keras, selagi itulah faktor penipuan berleluasa dalam projek-projek kejuruteraan

cerun. Perlanggaran etika bukan sahaja berlaku semasa pembinaan, pemulihan dan penyelenggaraan cerun, malah paling berleluasa semasa di peringkat penyiasatan tapak lagi. Walaupun tidak sukar untuk dibuktikan, namun keengganan pihak-pihak bertanggungjawab untuk turun padang (lebih-lebih lagi jika tapak terletak di dalam hutan tebal dan sukar dimasuki) mengawasi perlaksanaan kerja-kerja penyiasatan menyebabkan perlanggaran etika terus berleluasa berlaku. Sebagai contoh ada syarikat-syarikat penyiasatan geoteknikal yang mengupah pekerja-pekerja asing yang langsung tidak tahu menahu tentang aspek teknikal untuk menggerudi lubang bor, mengambil bacaan SPT, sampel lubang gerudi dan sebagainya. Malah yang lebih mendukacitakan lagi ialah bilamana ada kontraktor penyiasatan tapak yang sanggup menipu. Lubang bor tidak wujud tetapi laporan dan log lubang bor siap dengan cantik dan kemas sekali. Perekabentuk cerun pula tanpa usul periksa bergantung sepenuhnya kepada data-data palsu tersebut untuk merekabentuk cerun.

PERBINCANGAN

Kita sering menyalahkan faktor-faktor teknikal apabila berlakunya sesebuah kegagalan cerun. Pada hakikatnya manusia yang membina cerun, dan apabila cerun itu runtuh, sudah pastilah manusia yang patut dipersoalkan terlebih dahulu. Contoh-contoh yang dikemukakan dalam kertas ini diharapkan menjadi suatu "katalog" kepada penyiasat-penyiasat kegagalan cerun pada masa akan datang, supaya mereka membuka mata dan lebih rasional. Bukan hanya mencari punca-punca tabii dan teknikal, tetapi seharusnya mampu mengenalpasti dan membezakan faktor-faktor manusia dan faktor teknikal yang menyebabkan kegagalan cerun.

Dalam kebanyakan kes kegagalan cerun di Malaysia, pengaruh faktor manusia terhadap memburukkan lagi proses penyahstabilan cerun memang terbukti. Faktor-faktor manusia ini termasuklah kecuaiian, ketidakcekapan atau tidak mahir, keangkuhan dan kedegilan akibat kejahilan mereka sendiri, ketidakakuran dan ketidakjujuran, serta berbagai lagi sikap negatif. Faktor-faktor ini saling berkaitan antara satu sama lain dan mempunyai impak yang sangat besar terhadap punca atau penyebab kegagalan cerun.

Pengaruh faktor kecuaiannya boleh diminimumkan sekiranya langkah-langkah penyelenggaraan cerun dilakukan dengan sempurna dan berterusan. Kerja-kerja penyelenggaraan cerun juga seharusnya dilakukan oleh pekerja-pekerja yang berkelayakan, mahir dan berpengalaman. Ke kerapannya kerja-kerja penyelenggaraan juga seharusnya dipertingkatkan, terutama pada musim hujan kerana air adalah faktor utama yang mencetus kegagalan cerun di Malaysia. Malangnya pengalaman di Malaysia menunjukkan bahawa aspek penyelenggaraan sering diabaikan atau dipandang ringan oleh pihak-pihak yang bertanggung jawab. Kelemahan dalam sistem penyelenggaraan di Malaysia, baik bangunan mahupun cerun, telah menyebabkan kerajaan terpaksa berbelanja puluhan malah ratusan juta setiap tahun kerana memperbaiki kerosakan yang berlaku. Faktor ketidakcekapan manusia dalam aspek kejuruteraan cerun boleh diatasi melalui sistem pendidikan dan latihan yang bersepadu. Manakala faktor kejahilan dan keangkuhan diantara suatu pihak dengan pihak yang lain (e.g. jurutera dan geologis) boleh diatasi melalui siri-siri pertukaran dan perkongsian maklumat yang berterusan, umpamanya penganjuran forum, seminar, simposium, mesyuarat dan sebagainya, yang melibatkan penyertaan kedua-dua pihak. Faktor ketidakjujuran manusia seperti pelanggaran etika atau penipuan biasanya boleh diatasi dengan menanamkan kesedaran moral di kalangan setiap golongan masyarakat.

KESIMPULAN

Setiap kali berlakunya kegagalan cerun buatan, samada cerun tambahan mahupun cerun potongan, pasti tidak bebas daripada pengaruh faktor manusia. Hanya kegagalan pada cerun semulajadi sahaja, yang bebas daripada gangguan manusia boleh menjelaskan faktor-faktor penyebab sebenar kepada kegagalan cerun. Bagaimanapun kegagalan cerun tabii, lazimnya berlaku di tempat-tempat yang terpencil dan jauh di pedalaman. Dalam kebanyakan hal, adakalanya kegagalan cerun seperti ini tidak disedari atau diketahui umum dan jika disedaripun, amat sukar untuk di hampiri kerana ketiadaan jalan masuk, terain yang terlalu sukar untuk diredah dan sebagainya. Sehubungan itu, disini disyorkan agar lebih banyak kajian dilakukan terhadap kegagalan cerun semulajadi untuk membantu kita memahami kelakuan cerun dan bahan-bahan pembentuknya serta tindakbalasnya terhadap proses-proses tabii (geologi dan meteorologi)

PENGHARGAAN

Contoh-contoh cerapan yang dikemukakan dalam kertas ini adalah sebahagian daripada hasil kajian-kajian yang dilakukan melalui peruntukan Penyelidikan Jangka Pendek (Vot F) Universiti Malaya, sejak 1999 hingga 2006 dan kerja-kerja perundingan yang dilakukan oleh penulis.

RUJUKAN

Abdul Ghani Rafek, Ibrahim Komoo & Tan, T. H., 1989. Influence of geological factors on slope stability along the East-West Highway, Malaysia. Proc. Int. Conf.

- Engineering Geology in Tropical Terrain. Bangi: 79-93.
- Chow W. S. & Abd Majid Sahat. 1999. Rockfalls in limestone hills in the Kinta Valley, Perak, Malaysia. Proc. 2nd Asian Symposium on Engineering Geology and the Environment, 23-26 Sept 1999, Bangi, Malaysia. p. 3-10-3-23.
- Hoek, E. & Bray, J. E., 1981. Rock slope engineering. 3rd ed. London. Inst. of Mining & Metallurgy.
- Gue, S. S. 1996a. Don should stick to his line of qualification. New Straits Times, 17 Jan 1996.
- Gue, S. S., 1996b. Job calls for a qualified engineer. Letters/Opinion. The Star. Thursday Jan. 18, 1996.
- Ibrahim Komoo, 1986. Pengelasan kegagalan cerun di Malaysia. J. Ilmu Alam, Bil. 14 & 15, p. 47-58.
- Ibrahim Komoo. 1996. Design likely cause of expressway slope failure. Letter of the day. New Straits Times. Jan 13, 1996.
- Ibrahim Komoo, 1997. Slope failure disasters – A Malaysian predicament. In: Marinos, Koukis, Tsiambaos & Stourmaras (eds.). Engineering Geology and the Environment. 1: 777-781.
- Ibrahim Komoo, 1998. Deep weathering: Major cause of slope failure in wet tropical terrain. 8th International IAEG Congress, Balkema, Rotterdam. 1773-1778.
- Ibrahim Komoo & Abdul Ghani Rafek, 1988. Faktor penyebab utama kegagalan cerun di Lebuhraya Timur-Barat, Malaysia. Laporan Teknik FSFG. 2(1):36-47.
- McCall, 1992. Natural and mad-made hazards: their increasing importance in the end-20th century world. In McCall, G. J. H., Lamming, D. J. S. & Scott, S. C. (eds.) Geohazards – Natural and Man-made. Chapman & Hall. London, 1-4.
- Raj. J. K., 1999. Stability of slope cuts in humid tropical granitic bedrock areas. Proc. 2nd Asian Symposium on Engineering Geology and the Environment, 23-26 Sept 1999, Bangi, Malaysia. p. 1-72 – 1-75.
- Shu, Y.K. & Lai, K. H., 1980. Rockfall at Gunung Cheroh, Ipoh. Geological Survey Malaysia, Prof. Papers, 3: 1-9.
- Shu, Y.K., Chow, W. S. & Zakaria, M. 1981. Rockfall danger related to limestone hills in the Kinta Valley, Perak. Annual Report

- 1981, Geological Survey of Malaysia: 184-197.
- Tajul Anuar Jamaluddin. 1990. Geologi Kejuruteraan Lebuhraya Timur-Barat, Gerik-Jeli Semenanjung Malaysia – Dengan Penekanan Terhadap Kegagalan Cerun Batuan. MSc Thesis, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi.
- Tajul Anuar Jamaluddin (1999). Relict structures and the cut slopes failures in highly weathered rocks – the Malaysian experience. Proceedings 2nd Asian Symposium on Engineering Geology and the Environment, Bangi Malaysia, 23-25 Sept 1999, p.7-47-50.
- Tajul Anuar Jamaluddin. 2002. Engineering Geology and slope failures along the Pos Selim-Cameron Highland Highway. Proc. Seminar Penyelidikan Vot F, University Malaya. (in CD-ROM).
- Tajul Anuar Jamaluddin. (2004). Relict Discontinuities and Cut Slope Instabilities in Humid Tropical Terrain – Malaysian Case Studies. (Extended Abstract). AUN-SEED-Net Field-wise Seminar on “Enhancement of Strategic Plan Towards Sustainable Education and Research on Geological Engineering”. Penang, 19-20 Jan 2004.
- Tajul Anuar Jamaluddin, Ibrahim Komoo & Mohd For, M. A. (2003). Geohazards in Tropical Mountainous Terrain – The Malaysian Experiences. In: Hood, S., Ibrahim, K., Mazlan, O., Ibrahim, K. & Sarah, A. (eds.) Culture & Science of Mountains. Institute for Environment & Development (LESTARI), UKM Bangi. p. 257-272.
- Tan, B. K. 1987a. Engineering geological studies of landslides along the Kuala Lumpur-Karak Highway, Malaysia. Proc. IAEA Int. Symp. on Engineering Geological Environment in Mountainous Area, Beijing, 4-8 May 1987. vol. 1, p. 347-356.
- Tan, B. K. 1987b. Landslides and hillside development – recent case studies in Kuala Lumpur, Malaysia. Proc. LANDPLAN III Symp., 15-20 dec. 1986. Hong Kong. (Published as Geological Society of Hong Kong Bulletin, No. 3, Oct. 1987, p.373-382).
- Tan, B. K. 1988. Engineering geologic studies of landslides in residual soils and rocks, Peninsula Malaysia. Proc. 5th Int. Symp. on Landslides, Lausanne, 10-15 July 1988, p. 325-329.
- Tan, B. K. 1996. Geologic factors contributory to landslides – Some case studies. Proceeding Forum on Geohazards: Landslides & Subsidence, 22nd Oct. 1996. University Malaya, Kuala Lumpur. Paper 6, p 6.1-6.6,
- Ting, W. H. 1994. Factors affecting stability of hill site structures in Malaysia. Proc. Seminar on Geotechnical Aspects of Hillside Developmnet, Institute Kerja Raya Malaysia (IKRAM), 11-12 April, 1994. Kajang, 25pp.
- Varnes; D. J. 1958. Landslide types and processes. In Schuster R. & Krizek, R. (eds.). Landslides – analyses dan control. T. R. B., National Academy of Sciences, Sepcial Report 176. p. 11-33.

Manuscript received 20 March 2006