

Kemudahterancaman bencana gelinciran tanah (LHV): Sorotan literatur dan cadangan pendekatan baru untuk pengurusan risiko gelinciran tanah di Malaysia

RODEANO ROSLEE^{1,2*} & TAJUL ANUAR JAMALUDDIN¹

¹Southeast Asia Disaster Prevention Research Institute (SEADPRI),
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor

² Program Geologi, Sekolah Sains dan Teknologi, Universiti Malaysia Sabah,
Jalan UMS, 88400 Kota Kinabalu, Sabah

*Email address: rodeano@ums.edu.my

Abstrak: Topik berkenaan kemudahterancaman bencana gelinciran tanah (LHV) masih dianggap baru dan kurang mendapat perhatian di kalangan geosaintis dan jurutera di Malaysia. Kemudahterancaman ditakrifkan sebagai darjah kerugian (kerosakan) bagi sesuatu elemen atau elemen-elemen yang berisiko akibat berlakunya fenomena semulajadi yang bertindak balas pada suatu magnitud tertentu. Walaupun terdapat beberapa garis panduan dan polisi berkenaan pembangunan di kawasan berbukit bagi mengatasi gelinciran tanah, namun bilangan bencana gelinciran tanah di seluruh negara yang membawa kepada malapetaka semakin terus meningkat. Kertas penyelidikan ini cuba mengupas dan merumuskan konsep LHV dengan mengambilkira pendekatan aspek sosio-ekonomi dan sains. Pendekatan baru dalam konsep kemudahterancaman bagi penyelidikan pengurusan risiko bencana gelinciran tanah (LRM) di Malaysia juga turut diperkenalkan. Untuk merealisasikan matlamat ini, suatu rangka kerja telah direkabentuk untuk menaksirkan LHV. Rangka kerja ini dirumuskan secara semi-kuantitatif melalui pembangunan pengkalan data elemen-elemen berisiko (manusia & harta benda) yang berdasarkan kepada maklumat daripada data sekunder, sorotan literatur yang ekstensif dan pencerapan lapangan. Antara parameter-parameter kemudahterancaman yang diambilkira dalam menaksir LHV termasuklah 1) implikasi fizikal (struktur bangunan, kelengkapan dalaman, kerosakan harta benda, kemudahan infrastruktur dan tindakan penstabilan), 2) status sosial (kecederaan, kematian, keselamatan, kehilangan tempat tinggal dan kesedaran awam), dan 3) gangguan terhadap persekitaran (masa terjejas, operasi harian dan diversiti). Setiap parameter yang diambilkira dalam penaksiran kemudahterancaman diperuntukkan nilai indeks tertentu yang berjalut dari 0 (0 % kerosakan/mangsa/ jangka masa), 0.25 (1-25 % kerosakan/mangsa/ jangka masa), 0.50 (26-50 % kerosakan/mangsa/ jangka masa), 0.75 (51-75 % kerosakan/mangsa/jangka masa) hingga 1.00 (75-100 % kerosakan/mangsa/ jangka masa). Kesemua data hasil pencerapan LHV dianalisis semula berdasarkan kepada kaedah pemiawaian untuk menilai kepentingannya supaya dapat diterima dalam model penyelidikan pengurusan risiko gelinciran tanah (LRM) yang praktikal bagi keperluan keadaan tempatan. Langkah selanjutnya adalah mengira dan menetapkan nilai indeks bagi setiap parameter kemudahterancaman yang ideal. Akhir sekali, jumlah nilai indeks purata bagi ketiga-tiga jenis kemudahterancaman fizikal, sosial dan persekitaran dikelaskan kepada lima kelas darjah kemudahterancaman, iaitu kelas 1 (< 0.20) (kemudahterancaman sangat rendah), kelas 2 (0.21-0.40) (kemudahterancaman rendah), kelas 3 (0.41-0.60) (kemudahterancaman sederhana), kelas 4 (0.61-0.80) (kemudahterancaman tinggi) dan kelas 5 (> 0.81) (kemudahterancaman sangat tinggi). Hasil kajian ini mendapati bahawa nilai indeks LHV di Malaysia adalah jauh lebih tinggi berbanding dengan negara-negara maju. Hal ini antara lainnya disebabkan oleh kurangnya kesedaran awam, pengetahuan dan pendedahan mengenai gelinciran tanah; serta kekurangan kod-kod bangunan dan ketiadaan penilaian rekabentuk kejuruteraan yang mengambil kira faktor-faktor pencetus bencana (hujan lebat/gempa bumi). Perkiraan nilai indeks kemudahterancaman tidak dapat ditentukan secara kuantitatif semata-mata kerana ianya memerlukan data pencerapan lapangan yang disokong oleh data sekunder secara relatif.

Landslide hazard vulnerability (LHV): Review of literature and a proposed new approach in landslide risk management for Malaysia

Abstract: Topic on landslide hazard vulnerability (LHV) in Malaysia is relatively new and received little attention from geoscientists and engineers. Vulnerability is defined as the potential degree of loss (damage) to a given element or risk elements resulting from the occurrence of a natural phenomenon of a given magnitude. Although there are some guidelines and policies regarding hillside development to prevent landslide, the number of disastrous landslide events is steadily increases nationwide. This paper reviews and formulates the concept of LHV by taking into account the socio-economic and science aspects. New approach in vulnerability concept in landslide risk management (LRM) in Malaysia is also introduced. To achieve this goal, a framework was designed for assessing the LHV. The framework was formulated semi-quantitatively through the development of a database for the risk elements (human & properties) based on secondary data, review of literature and field observations. The vulnerability parameters include in assessing LHV are 1) physical implication (building structures, internal materials, property damage, infrastructural facilities and stabilization actions),

social status (injury, fatalities, safety, loss of accommodation and public awareness) and interference on the environment (affected period, daily operation & diversity). Each parameters in the vulnerability assessment is allocated with a certain index value ranges from 0 (0 % damage/victims/period), 0.25 (1-25 % damage/victims/period), 0.50 (26-50 % damage/victims/period), 0.75 (51-75 % damage/victims/period) and 1.00 (75-100 % damage/victims/period). All the data products from LHV observation were reanalysed based on standardization method to evaluate their significance in developing an acceptable and practical model for landslide risk management (LRM) that will suit best to the local conditions. The next step is to establish the index value for each ideal vulnerability parameters. Finally, the total average of index value for the three types of physical, human and environment vulnerabilities is classified into five classes of vulnerabilities, namely class 1 (< 0.20) (very low vulnerability), class 2 (0.21-0.40) (low vulnerability), class 3 (0.41-0.60) (medium vulnerability), class 4 (0.61-0.80) (high vulnerability) and class 5 (> 0.81) (very high vulnerability). Results from this study indicate that the index value for the vulnerability on landslide hazard in Malaysia is generally higher than those of the developed countries. This is mainly due to poor awareness, knowledge and exposure amongst the public, as well as poor building codes and lack of consideration on the hazard triggering factors (intense rainfall and earthquake). It is also noted that the index value of vulnerability cannot be simply determined quantitatively because it requires data from field observations supported by the relative secondary data.

Keywords: vulnerability, risk elements, landslide risk management, Malaysia

PENGENALAN

Latar Belakang

“Bencana seseorang adalah malapetaka kepada orang yang lain” (One man’s hazard is another man’s disaster) (Large, 2005; dlm: Hufschmidt, 2008) – perumpamaan ini telah diperkenalkan dalam sebuah artikel yang mengemukakan konsep kemudahterancaman selepas berlakunya kejadian malapetaka tsunami yang paling tragis di Asia pada akhir tahun 2004. Walaupun perumpamaan ini telah diterima secara umum akan tetapi persoalan yang timbul adalah adakah impak kemudahterancaman bencana yang menimpa seseorang individu (kemudahterancaman sosial) dalam masa yang sama adalah sama dengan kemudahterancaman yang lain seperti kemudahterancaman fizikal (kerusakan harta benda, bangunan, bahan-bahan dalaman dan kemudahan infrastruktur) ataupun kemudahterancaman persekitaran (jangka masa, operasi harian dan diversiti)? Fell (1994) pernah menyatakan bahawa *“sesbuah rumah (kemudahterancaman fizikal) mungkin mempunyai nilai kemudahterancaman yang serupa pada halaju atau magnitud bencana gelinciran tanah yang berlainan, akan tetapi keadaan ini berbeza dalam konteks penghuni rumah (kemudahterancaman sosial) kerana kesan kemudahterancamannya adalah bergantung secara langsung kepada halaju atau magnitud bencana gelinciran tanah yang menimpa misalnya halaju yang rendah memberi nilai kemudahterancaman sosial yang rendah (sebab mereka sempat melarikan diri) dan sebaliknya”*. Selain daripada pernyataan ini, Fell & Hartford (1997) turut memberi gambaran beberapa contoh yang berkaitan dengan perbezaan kesan kemudahterancaman bencana gelinciran tanah (LHV) seperti (1) bilik tidur yang menghadap ke arah cerun adalah lebih tinggi kesan kemudahterancamannya berbanding sebaliknya, (2) semakin besar sesebuah tingkap rumah, maka semakin tinggi kesan kemusnahan kemudahterancaman barangan isi rumah, (3) rumah yang terletak di bawah kaki cerun mempunyai kesan kemudahterancamannya yang lebih tinggi berbanding sebaliknya (disebabkan oleh perbezaan halaju aliran) dan (4) individu yang tidur semasa kejadian

bencana adalah lebih tinggi kebarangkaliannya untuk terkorban berbanding dengan penghuni yang lain.

Di dalam skop penyelidikan gelinciran tanah, kebanyakan kajian lebih tertumpu kepada analisis bencana yang melibatkan perkiraan kualitatif, kuantitatif mahupun semi-kuantitatif serta proses penjaan peta-peta bencana seperti pengezonan, taburan dan kemudahrentanan. Namun demikian penumpuan penyelidikan terhadap konsep kemudahterancaman ataupun elemen-elemen berisiko yang terlibat masih kurang diberi perhatian khasnya di Malaysia. Beberapa penyelidikan luar negara telah berusaha mengupas hubungan antara kemudahterancaman dengan bencana atau elemen berisiko secara spesifik pada satu jumlah yang terhad. Sebagai contoh Hollenstein (2005) telah menjalankan penyelidikan sorotan literatur berkenaan penaksiran kemudahterancaman terhadap pelbagai jenis bencana alam. Dalam penyelidikan tersebut, beliau telah berjaya merekodkan lebih daripada 100 bahan rujukan yang berkaitan dengan kemudahterancaman bencana gempa bumi, kemudahterancaman bencana volcanologi dan kemudahterancaman bencana meteorologi. Akan tetapi bahan-bahan rujukan yang berkaitan dengan kemudahterancaman bencana graviti seperti gelinciran tanah, aliran puing, runtuh salji dan banjir adalah amat terhad untuk diperolehi (kurang daripada 20 bahan rujukan sahaja). Hal ini demikian mungkin disebabkan bencana graviti kurang meninggalkan implikasi yang tragis yang bersifat katastrofik jika dibandingkan dengan bencana-bencana alam lain yang mana kedengaran sering berlaku di dada akhbar ataupun media elektronik.

Jika dilihat dari sudut kedudukan geografi, kebanyakan pendekatan konsep LHV wujud dalam bentuk yang bervariasi. Sebagai contoh, malapetaka gelinciran tanah di Eropah dianggap boleh menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan, sedangkan di Asia dan Amerika Latin, jumlah mangsa terkorban (kematian) menjadi lebih penting kerana ianya boleh meninggalkan impak psikologikal (trauma) yang besar kepada penduduk (Papathoma *et al.*, 2007). Di Eropah khususnya, gelinciran tanah yang bermagnitud

besar mempunyai kebarangkalian yang rendah untuk menjana kejadian katastrofik (seperti yang ditakrifkan sebagai kehilangan nyawa manusia secara signifikan). Hal ini demikian kerana masyarakatnya lebih mengutamakan nilai natijah (*consequency*) (kemudahterancaman x elemen berisiko) terhadap kebajikan sosial, ekonomi dan ekologi (Bl'ochl & Braun, 2005; Papathoma *et al.*, 2007) seperti perihal harta benda yang terletak di kawasan cerun yang curam, taraf hidup, kepadatan penduduk dan alam sekitar walaupun bencana bermagnitud kecil (Bl'ochl & Braun, 2005; Papathoma *et al.*, 2007). Bencana gelinciran tanah dianggap mempunyai nilai natijah yang signifikan terhadap bangunan, harta benda dan kos-kos pembaikpulihan yang memerlukan penyelenggaraan secara berterusan. Namun begitu, hakikat sebenar yang berlaku adalah berbeza kerana bencana ini sering dipinggirkan atau ditenggelami oleh bencana alam besar yang lain seperti banjir besar, tsunami, gempa bumi dan letupan gunung berapi (USGS, 2001; JRC, 2003; dlm: Papathoma *et al.*, 2007; Bl'ochl & Braun, 2005;). Leone *et al.* (1996), Bell & Glade (2004), Glade & Crozier (2005) dan Alexander (2005) telah menjalankan beberapa contoh penyelidikan LHV melalui satu rangka kerja model analisis risiko secara kuantitatif dan semi kuantitatif dengan mengambil kira hubungannya dengan elemen-elemen berisiko. Dalam penyelidikan tersebut, mereka telah menggunakan maklumat umum mengenai parameter-parameter kemudahterancaman yang berisiko seperti 1) status sosial (kecederaan fizikal, kehilangan nyawa dan kehilangan tempat tinggal), 2) implikasi fizikal (kerosakan harta benda, bangunan, bahan-bahan dalaman dan kemudahan infrastruktur) dan 3) gangguan terhadap persekitaran (masa terjejas, operasi harian dan diversiti). Suatu yang unik hasil daripada penyelidikan mereka mendapati bahawa "*meskipun impak bencana dapat dikurangkan, namun kesan kemudahterancaman boleh terus meningkat sekiranya pendedahan parameter-parameter kemudahterancaman yang berisiko terus meningkat dan keupayaan adaptif terus menurun*". Sebagai output, mereka telah menyediakan peta "kemudahterancaman" dan peta "jumlah risiko" yang telah digunapakai atau dirujuk sehingga kini. Dalam konteks penyelidikan LHV secara kualitatif, pihak "*Geotechnical Engineering Office (GEO)*" banyak mengunapakai kaedah ini untuk mengurangkan risiko gelinciran tanah terhadap komuniti Hong Kong. Hong Kong boleh dikatakan sebagai sebuah negara yang unik dan lengkap dalam hal ehwal penyimpanan pengkalan data terperinci berkenaan dengan bencana gelinciran tanah dan tahap natijahnya (Dai *et al.*, 2002). Penyelidikan oleh GEO dengan menggunakan pendekatan analisis natijah telah mengambil kira kemudahterancaman-kemudahterancaman elemen berisiko melalui penaksiran kebarangkalian bersyarat bagi natijah yang berlaku pada sesuatu kejadian bencana. Keputusan penerapan pendekatan kualitatif ini secara langsungnya telah berjaya mengurangkan nilai risiko gelinciran tanah terhadap cerun buatan manusia secara keseluruhannya yakni sebanyak 5 % dalam 23 tahun (1977-2000) (Papathoma *et al.*, 2007).

Takrifan dan isu-isu kemudahterancaman

Berdasarkan kepada "*The Concise Oxford Dictionary (1995)*", huruf "*vulnerare*" adalah berasal daripada perkataan Latin yang membawa maksud "*mencederakan*" (*to wound*) atau "*menjadi ancaman*" (*to be susceptible*). Ianya juga dijelaskan sebagai "*liabiliti yang menjadi rosak atau cedera; tidak dilindungi oleh serangan*" (*liability to be damaged or wounded; not protected against attack*). Oleh yang demikian istilah kemudahterancaman adalah berkait secara langsung dengan tahap natijah yang terhasil daripada kekuatan semulajadi dan bukannya melalui proses semulajadi atau tekanan secara sendiri (Lewis 1999; dlm Glade, 2003). Secara praktiknya, kemudahterancaman dan elemen berisiko adalah saling bergantung dan berhubungan (kemudahterancaman x elemen berisiko = natijah).

Kemudahterancaman ditakrifkan sebagai darjah kerugian (kerosakan) bagi sesuatu elemen atau elemen-elemen yang berisiko akibat berlakunya fenomena semulajadi yang bertindak balas pada suatu magnitud tertentu (Varnes, 1984). Konsep ini selalunya diungkapkan pada skala berangka iaitu dari nilai 0 (tiada kerosakan) hingga nilai 1 (kerosakan mutlak) yang bergantung kepada intensiti gelinciran tanah yang berlaku (Carrara, 1993; dlm: Glade, 2003; Fell, 1994; Leone *et al.*, 1996; Wong *et al.*, 1997). Pendekatan konsep kemudahterancaman boleh difahami dalam konteks penyelidikan pengurusan risiko gelinciran tanah (LRM) berdasarkan kepada potensi kerosakan atau kematian di masa lampau, kini atau akan datang akibat daripada pergerakan fenomena gelinciran tanah yang berbeza. Fell (1994) mencadangkan jumlah kemudahterancaman (V) dapat ditentukan produknya berdasarkan kepada beberapa komponen dalam bentuk $V = VS \times VT \times VL$, di mana VS adalah kemungkinan kesan spatial, VT adalah kemungkinan kesan temporal manakala VL adalah kemungkinan kehilangan nyawa bagi seseorang individu tertentu sebagai elemen berisiko.

Istilah atau definisi kemudahterancaman secara praktiknya boleh ditafsirkan daripada banyak sudut pandangan yang berbeza sama ada dari perspektif sosio-ekonomi ataupun perspektif sains. Perbincangan tentang definisi yang komprehensif dalam topik ini boleh ditemui dalam artikel-artikel seperti Glade (2003), Alexander (2005), Glade & Crozier (2005) dan Fuchs *et al.* (2007) yang menyiratkan masalah-masalah implementasi praktikal berkenaan LHV. Glade (2003), Fuchs *et al.* (2007) dan Douglas (2007) turut menjelaskan mengapa konsep kemudahterancaman gelinciran tanah ini masih sukar dimodelkan secara kuantitatif. Walaupun demikian jika dilihat dari sudut pendekatan yang lebih pratikal, Leone *et al.* (1996); Cardinali *et al.* (2001) dan Papathoma *et al.* (2007) telah berjaya mencadangkan sebuah rangka kerja yang sistematik dan bersifat lebih praktikal bagi penyelidikan LHV. Pendekatan kualitatif yang menggunakan matrik-matrik kerosakan dan kematian oleh Leone *et al.* (1996); Cardinali *et al.* (2002) dan Papathoma *et al.* (2007) dengan merekod dan mengelaskan tahap-tahap kerosakan atau

kematian akibat bencana gelinciran tanah yang berlaku pada kepelbagaian parameter kemudahterancaman. Kaedah ini adalah lebih fleksibel dan boleh menampung pelbagai situasi berperingkat, pada suatu tahap yang luas dan dapat mengurangkan nilai subjektiviti. Dengan kaedah ini, parameter-parameter kemudahterancaman adalah bergantung kepada pencirian bencana gelinciran tanah dan rintangan teknikal bangunan seperti jenis, sifat semula jadi, usia dan sebagainya. Pendedahan parameter-parameter LHV serta natijahnya sesungguhnya memerlukan pertimbangan yang wajar. Selain daripada itu, pendekatan kuantitatif dan semi-kuantitatif yang diperkenalkan Fell (1994), Ragozin (1996), Finlay & Fell (1997), Michael-Leiba *et al.* (2000), Ragozin & Tikhvinsky (2000), Taubenböck *et al.* (2008), Fuchs (2008), Kienberger *et al.* (2009), Peduzzi *et al.* (2009), Roberts *et al.* (2009) dan Bodini & Cossu (2010) turut berjaya memberikan nilai-nilai indeks yang realistik dalam penyelidikan LHV. Dengan mengambil kira faktor sensitiviti yang ditentukan oleh latar belakang ekonomi dan politik yang berbeza, penaksiran kemudahterancaman dapat menyasarkan tindakan mitigasi yang wajar bagi mengurangkan natijah bencana gelinciran tanah dan kos-kos penyelenggaraan atau pembaikpulihan (kaedah perawatan risiko) yang terlibat.

Konsep kemudahterancaman

Konsep kemudahterancaman telah dibangunkan dalam konteks penyelidikan bencana alam dan risiko sejak 30 tahun yang lepas, ini bermaksud semakin hari ianya menjadi semakin beragam. Penjelasan bagi kepelbagaian ragam ini turut berganda dan memperdekatkan lagi hubungan di antara manusia dengan alam yang dicetus oleh isu-isu dinamik, multi-dimensi dan multi-skalar seperti era globalisasi dan perubahan iklim atau persekitaran secara global. Disebabkan oleh ketiadaan sempadan globalisasi ini, maka pelbagai bidang disiplin ilmu yang berbeza dari segi latar belakangnya telah mentakrifkan beberapa pengertian kemudahterancaman (Cutter, 1996; Aleotti & Chowdhur, 1999) dan hasilnya terdapat pelbagai campuran metodologi dan konseptualisasi kemudahterancaman. Keadaan sebegini telah menyebabkan "*metodologi yang tidak matang*" kerana memerlukan kerapian intelektual dan penjelasan bagi sesuatu konsep (Buckle, 2006). Sejak awal 1980-an, (Timmerman, 1981; dlm: Fuchs *et al.*, 2007) telah menyatakan istilah "*kemudahterancaman*" yang bukan hanya mencakupi bidang bencana alam dan risiko, akan tetapi juga turut diterapkan dalam bidang-bidang lain seperti psikologi atau kesihatan masyarakat.

Istilah yang berkait erat dengan konsep kemudahterancaman sering digunakan dalam penyelidikan LRM dalam kuantiti rujukan yang sangat banyak. Konsep LHV adalah bergantung kepada (a) jarak larian, (b) isipadu dan halaju gelinciran, (c) elemen-elemen yang berisiko (harta benda) seperti bangunan dan kemudahan infrastruktur lain (sifat semula jadi dan proksimitinya terhadap gelinciran) dan (d) elemen-elemen yang berisiko (bernyawa) seperti manusia (proksimitinya terhadap bencana, keadaan dan

kedudukan mereka di dalam bangunan / jalan raya atau sebagainya) (Finlay, 1996; dlm Dai *et al.*, 2002). Bagaimana orang memandang dan melihat sesuatu LHV adalah bergantung kepada pelbagai faktor: sosial (Blaikie *et al.*, 1994; Slovic *et al.*, 2004; Jóhannesdóttir & Gísladóttir, 2010), psikologi (Pidgeon *et al.*, 1992; Blaikie *et al.*, 1994; Jóhannesdóttir & Gísladóttir, 2010), ekonomi (Jóhannesdóttir & Gísladóttir, 2010), budaya (Boholm, 1998; Sjöberg, 2000) dan persekitaran (Mileti, 1994; Haynes *et al.*, 2008; Jóhannesdóttir & Gísladóttir, 2010) atau kombinasi daripada semua faktor tersebut (Alexander, 2000; Jóhannesdóttir & Gísladóttir, 2010). Tambahan pula, penduduk-penduduk atau elemen berisiko yang lain turut mempunyai ancaman terhadap kerosakan dan kerugian yang disebabkan faktor-faktor yang disebut di atas. Dalam hubungan ini, LHV boleh meningkatkan kesedaran dalam menentukan kerugian di sesuatu kawasan untuk sampai pada suatu tahap yang lebih tinggi daripada bencana itu sendiri.

Konsep kemudahterancaman bukannya merupakan suatu pendekatan yang bersifat kabur, akan tetapi ia merupakan hasil daripada fokus disiplin yang berbeza (Fuchs *et al.*, 2007). Pada dasarnya, konsep kemudahterancaman ini mempunyai kegunaan yang berbeza secara tersirat pada kata sifat misalnya kemudahterancaman- kemudahterancaman pada struktur kejuruteraan, kemudahan infrastruktur, sistem komunikasi, ekonomi makro, ekonomi serantau, komersial (termasuklah pendedahan insuran) dan sosial (Wisner, 2004). Maksud kemudahterancaman mungkin berubah-ubah sejak tindakan dan pemahaman tentang konsepnya dipelajari dalam mengelolakan tanggapan dan penaksirannya (Alexander, 2000; Jóhannesdóttir & Gísladóttir, 2010). Hasil daripada kata sifat yang pelbagai ini, dua cabang perspektif yang berbeza terhadap konsep kemudahterancaman dapat dibahagikan iaitu; (1) perspektif sosio-ekonomi dan (2) perspektif sains.

Perspektif Sosio-Ekonomi

Cutter (1996) telah menyenaraikan lapan belas (18) senarai ekspresi yang berbeza daripada konsep kemudahterancaman sejak tahun 1980. Beliau menyatakan bahawa tiada definisi yang unik bagi konsep kemudahterancaman dalam perspektif sosio-ekonomi. Beberapa definisi (sebahagiannya juga mengemukakan makna berupa sains) telah ditinjau dan disenaraikan oleh Cutter (1996), Weichselgartner (2001), Alexander (2005), Fuchs *et al.*, (2007) dan Galli & Guzzetti (2007). Pendekatan-pendekatan dalam perspektif sosio-ekonomi bukan sahaja berbeza dari sudut darjah kebencanaan, akan tetapi berbeza dari segi faktor tanggapan individu atau pengaruh sosial terhadap risiko bencana gelinciran tanah. Berdasarkan kepada kepelbagaian elemen-elemen garis panduan sedia ada seperti kebarangkalian kejadian, tahap kerosakan, persepsi, ketidakpastian, ketekunan, ketabahan, kebolehbalikan, tunda masa dan potensi mobilisasi (German Advisory Council on Global Change, 1998; dlm Fuchs *et al.*, 2007), tahap kemudahterancaman mungkin boleh berubah mengikut keadaan secara berterusan, baik sebagai individu mahupun sebagai kelompok secara berkumpulan.

Perubahan tetap dalam sistem manusia yang berinteraksi dengan sistem fizikal telah menjadikan bencana, pendedahan dan kemudahterancaman yang cukup dinamik (Mileti, 1999; dlm Fuchs *et al.*, 2007). Sebahagian besar masalah yang terhasil daripada penaksiran atau pengurusan bencana gelinciran tanah adalah berkait rapat dengan tahap kesulitan individu dalam menghadapi atau menangani kepelbagaian kebarangkalian peristiwa-peristiwa luar biasa (Kunreuther *et al.*, 2001). Persepsi risiko individu telah melewati sebuah saringan komunikasi yang akhirnya membawa kepada penaksiran atau pengurusan risiko bencana gelinciran tanah yang disertai oleh proses-proses adaptasi dan berubah menjadi usaha-usaha kepada pengawalan bencana gelinciran tanah atau pengurangan kemudahterancamannya (Burton *et al.*, 1993; dlm Fuchs *et al.*, 2007).

Perspektif Sains

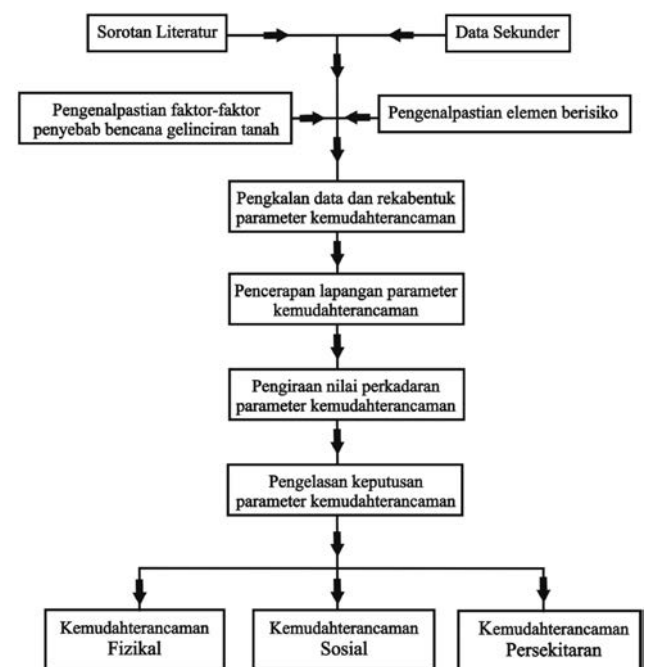
Dari sudut perspektif sains, kemudahterancaman biasanya dianggap sebagai suatu keamatan (intensiti) bagi proses-proses ke arah struktur fizikal atau apa-apa yang berkaitan dengan kemudahrentanan (*susceptibility*) elemen-elemen berisiko. Oleh yang demikian, dalam konteks ini kemudahterancaman kerap merujuk kepada konsep kemudahterancaman “teknikal” atau “fizikal” yang ditakrifkan sebagai darjah kerugian bagi elemen-elemen berisiko sebagai konsekuensi bagi sesuatu kejadian yang berjulat daripada nilai 0 (tiada kemusnahan) hinggalah ke nilai 1 (kemusnahan mutlak) (Varnes, 1984; Fell, 1994; Fuchs *et al.*, 2007). Penaksiran dalam konsep kemudahterancaman banyak melibatkan kes-kes penilaian terhadap beberapa parameter-parameter yang berbeza dan faktor-faktor seperti bahan binaan dan teknik, peringkat penyelenggaraan, kehadiran struktur-struktur perlindungan, kehadiran sistem-sistem amaran, nilai-nilai kewangan atau kebarangkalian nyawa dan sebagainya (Fell, 1994; Fell & Hartford, 1997; Glade, 2003). Dari segi natijah kemudahterancaman, parameter-parameter proses empirikal seperti keamatan (intensiti) perlu dianalisis berdasarkan kepada teori-teori kebarangkalian, yang biasanya dijalankan melalui kaedah pemetaan geomorfologi dan takat kejadian sebelumnya (analisis frekuensi), ataupun melalui kaedah permodelan (rekabentuk) kejadian (Fuchs *et al.*, 2007). Walaupun perspektif sains kemudahterancaman memerlukan penyelidikan dan aplikasi praktikal yang luas, namun demikian masih terdapat kekangan besar melibatkan persamaan standard yang membenarkan penerapan teknikal penaksiran kemudahterancaman secara lebih luas (Glade 2003). Keadaan ini dianggap berpunca daripada kekurangan data keseluruhannya, khususnya yang berkaitan dengan kerugian-kerugian disebabkan oleh bencana-bencana alam yang kerap menghasilkan kuantifikasi empirikal yang hilang (Douglas, 2007). Sejak akhir ini, pendekatan-pendekatan terkini bagi mengkuantifikasikan kemudahterancaman telah dibuat oleh Wilhelm (1997 dlm: Fuchs *et al.*, 2007) dan Barbolini *et al.* (2004) terhadap proses-proses runtuh salji dan jatuhnya batuan. Namun, cadangan-cadangan lain bagi proses-proses gelinciran tanah, kestabilan terain ataupun

aliran puing masih belum jelas walaupun proses-proses ini telah menyebabkan kerugian-kerugian utama dalam sejak tahun-tahun kebelakangan ini (e.g, Romang, 2004: dlm: Fuchs *et al.*, 2007).

BAHAN DAN KAEDAH KAJIAN

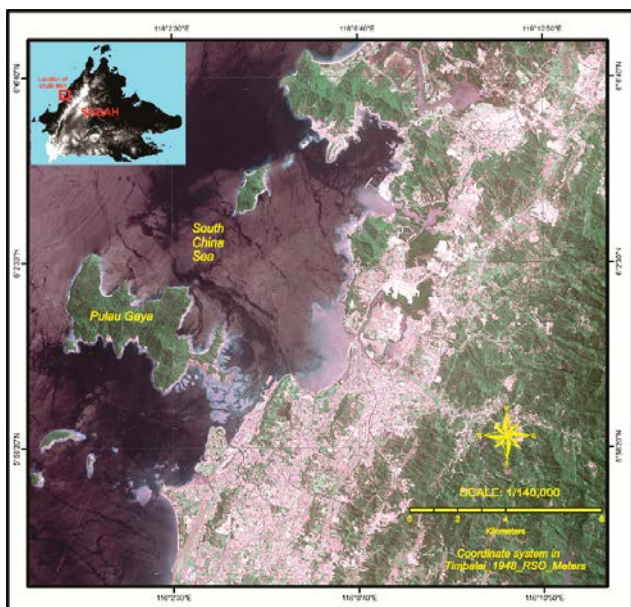
Kriteria utama yang diambil kira dalam penyelidikan LHV merujuk kepada darjah kebencanaan yang menggambarkan jumlah kerosakan/kematian/jangka masa yang berkaitan secara lebih spesifik terhadap elemen-elemen berisiko. Darjah kebencanaan dirujuk sebagai kebarangkalian bagi sesuatu bahaya (ancaman) berlaku suatu dalam jangka masa tertentu (IUGS, 1997). Berdasarkan kepada beberapa sorotan literatur yang telah dibincangkan di atas, jelas bahawa tidak ada sebarang kesepakatan pendekatan yang boleh dijadikan sebagai piawai yang tetap dan sesuai diguna-pakai secara berkesan dalam menaksir LHV di Malaysia. Oleh yang demikian, suatu rangka kerja telah direkabentuk (Rajah 1) di mana dijangkakan boleh diterima-pakai dalam model penyelidikan LRM yang lebih praktikal bagi memenuhi keperluan keadaan tempatan. Untuk keperluan demonstrasi, rangka kerja ini telah diuji di kawasan Kota Kinabalu, Sabah. Kawasan kajian ini dipilih setelah mengambil kira beberapa parameter kemudahterancaman seperti fizikal (Kf), sosial (Ks) dan persekitaran (Kp) yang mudah dicerap di lapangan, sejarah gelinciran tanah serta kewujudan data sekunder sedia ada.

Berdasarkan kepada Rajah 1, langkah awalan yang perlu adalah untuk menjalankan penyelidikan sorotan literatur secara meluas dan pengumpulan maklumat berkenaan bencana gelinciran tanah melalui data sekunder. Hasil daripada gabungan maklumat sorotan literatur dan data sekunder akan menyediakan maklumat tentang



Rajah 1: Langkah-langkah metodologi penaksiran kemudahterancaman bencana gelinciran tanah (LHV).

latar belakang elemen berisiko yang perlu diambil kira dalam penyelidikan ini. Pengenalpastian faktor-faktor penyebab gelinciran tanah di kawasan kajian turut diberi perhatian bagi mengenalpasti kawasan-kawasan yang tinggi darjah kebencanaannya. Melalui penaksiran ini, kawasan-kawasan yang mempunyai darjah kebencanaan yang tinggi akan dipilih sebagai kawasan demonstrasi. Berdasarkan kepada intergrasi di antara pengenalpastian elemen berisiko (manusia dan harta benda) dengan parameter kemudahterancaman, sebuah pangkalan data dapat dihasilkan dan senarai parameter LHV dapat direkabentuk. Antara parameter kemudahterancaman yang diambil kira dalam menaksir LHV termasuklah: 1) implikasi fizikal (struktur bangunan, kelengkapan dalaman, kerosakan harta benda, kemudahan infrastruktur dan tindakan penstabilan), 2) status sosial (kecederaan, kematian, keselamatan, kehilangan tempat tinggal dan kesedaran awam), dan 3) gangguan terhadap persekitaran (masa terjejas, operasi harian dan diversiti). Bagi memudahkan penaksiran LHV di lapangan, setiap parameter yang diambil kira diperuntukkan nilai indeks tertentu yang berjulat dari 0.00 (0 % kerosakan/mangsa/jangka masa), 0.25 (1-25 % kerosakan/mangsa/jangka masa), 0.50 (26-50 % kerosakan/mangsa/jangka masa), 0.75 (51-75 % kerosakan/mangsa/jangka masa) hingga 1.00 (75-100 % kerosakan/mangsa/jangka masa). Langkah ini bertujuan untuk menghasilkan nilai-nilai indeks bagi setiap parameter LHV. Langkah selanjutnya adalah untuk mencerap data-data lapangan bagi setiap parameter kemudahterancaman yang telah ditetapkan. Data-data hasil cerapan kemudiannya dianalisis semula berdasarkan kepada kaedah pemiawaian (Voogd, 1983; dlm. Papathoma *et al.*, 2007). Kaedah ini bertujuan untuk mengskalakan semula data-data mentah cerapan lapangan kepada bentuk berangka melalui pendekatan *transform linear* yang ringkas bermula dari nilai 0.00 hingga 1.00 dengan mengaplikasikan formula seperti berikut:



Rajah 2: Lokasi kawasan kajian.

$$\text{Angka Piawai} = \frac{\text{angka data mentah}}{\text{angka data mentah maksima}} \quad (1)$$

Daripada persamaan (1) ini, nilai indeks bagi LHV yang dicerap akan diformulasikan semula dan dikira seperti yang ditunjukkan di dalam persamaan (2) hingga (4) di bawah:

$$\text{Kemudahterancaman fizikal, } K_f = \frac{(5 \times a_f) + (4 \times b_f) + (3 \times c_f) + (2 \times d_f) + (1 \times e_f)}{15} \quad (2)$$

di mana,

a_f : Berkaitan dengan struktur bangunan; b_f : Berkaitan dengan kelengkapan dalaman

c_f : Berkaitan dengan kerosakan harta benda; d_f : Berkaitan dengan kemudahan infrastruktur; dan

e_f : Berkaitan dengan tindakan penstabilan

$$\text{Kemudahterancaman sosial, } K_s = \frac{(5 \times a_s) + (4 \times b_s) + (3 \times c_s) + (2 \times d_s) + (1 \times e_s)}{15} \quad (3)$$

di mana,

a_s : Berkaitan dengan kecederaan; b_s : Berkaitan dengan kematian; c_s : Berkaitan dengan keselamatan;

d_s : Berkaitan dengan kehilangan tempat tinggal; dan e_s : Berkaitan dengan kesedaran awam

$$\text{Kemudahterancaman persekitaran, } K_p = \frac{(3 \times a_p) + (2 \times b_p) + (1 \times c_p)}{6} \quad (4)$$

di mana,

a_p : Berkaitan dengan tempoh masa pembaikpulihan; b_p : Berkaitan dengan operasi harian; dan

c_p : Berkaitan dengan diversiti

Langkah seterusnya dalam proses pembentukan nilai indeks kemudahterancaman ini adalah untuk mencari nilai purata berdasarkan kepada persamaan (5) di bawah:

$$\text{Indeks kemudahterancaman, } IK = \frac{K_f + K_s + K_p}{3} \quad (5)$$

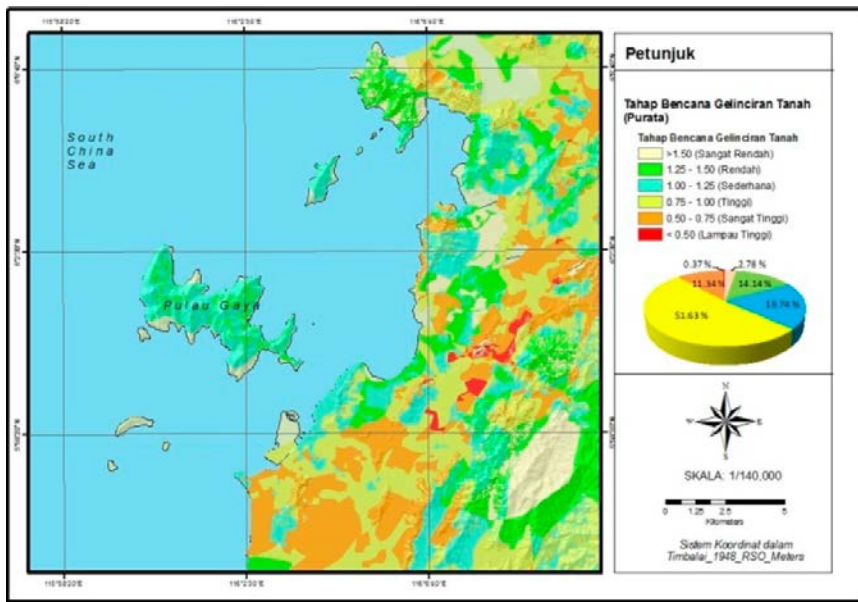
Akhir sekali, jumlah nilai indeks purata bagi ketiga-tiga jenis kemudahterancaman fizikal, sosial dan persekitaran yang diperolehi akan dikelaskan kepada lima kelas darjah kemudahterancaman, iaitu kelas 1 (< 0.20) (kemudahterancaman sangat rendah), kelas 2 (0.21-0.40) (kemudahterancaman rendah), kelas 3 (0.41-0.60) (kemudahterancaman sederhana), kelas 4 (0.61-0.80) (kemudahterancaman tinggi) dan kelas 5 (> 0.81) (kemudahterancaman sangat tinggi).

HASIL DAN KEPUTUSAN

Darjah Kebencanaan

Walaupun magnitud dan kekerapan kejadian bencana gelinciran tanah di daerah Kota Kinabalu, Sabah (Rajah 2) adalah jauh lebih rendah tetapi lebih dramatik dan berisiko jika dibandingkan dengan kawasan-kawasan lain di negeri Sabah. Secara umumnya, latar belakang pengenalpastian bencana gelinciran tanah di kawasan kajian dicirikan seperti berikut:

Terdapat sebanyak 193 lokasi gelinciran tanah telah dikenalpasti daripada maklumat literatur, kajian fotograf udara dan kajian lapangan;



Rajah 3: Peta analisis bencana gelinciran tanah.



Rajah 4: Keretakan pada struktur asas bangunan (Taman Winley).



Rajah 5: Kerosakan teruk pada dinding permukaan cerun (Jalan Sepangar).

Jadual 1: Hasil nilai indeks kemudahterancaman fizikal (Kf).

No.	Keterangan	Peratus Kerosakan (%)	Nilai Indeks	Keterangan	UiTM	Shantung	Kepungit	Bukit Bendera	Lok Bunuq	Salut-Mengkabong	Nilai Indeks (Purata)
1	Struktur Bangunan	0	0	Sangat Rendah	√	-	√	-	√	-	0.67
		1 - 25	0.25	Rendah							
		26 - 50	0.5	Sederhana							
		51 - 75	0.75	Tinggi							
		76 - 100	1.00	Sangat Tinggi							
2	Kelengkapan Dalaman	0	0	Sangat Rendah	√	-	√	-	√	-	0.42
		1 - 25	0.25	Rendah							
		26 - 50	0.5	Sederhana							
		51 - 75	0.75	Tinggi							
		76 - 100	1.00	Sangat Tinggi							
3	Kerosakan Harta Benda	0	0	Sangat Rendah	√	√	√	√	-	√	0.54
		1 - 25	0.25	Rendah							
		26 - 50	0.5	Sederhana							
		51 - 75	0.75	Tinggi							
		76 - 100	1.00	Sangat Tinggi							
4	Kemudahan Infrastruktur	0	0	Sangat Rendah	√	√	√	√	-	√	0.46
		1 - 25	0.25	Rendah							
		26 - 50	0.5	Sederhana							
		51 - 75	0.75	Tinggi							
		76 - 100	1.00	Sangat Tinggi							
5	Penstabilan Tindakan	0	0	Sangat Memuaskan	√	√	-	√	-	√	0.63
		1 - 25	0.25	Memuaskan							
		26 - 50	0.5	Sederhana							
		51 - 75	0.75	Tidak Memuaskan							
		76 - 100	1.00	Sangat Tidak Memuaskan							

Jadual 2: Hasil nilai indeks kemudahterancaman sosial (Ks).

No.	Keterangan	Peratus Mangsa (%)	Nilai Indeks	Keterangan	UiTM	Shantung	Kepungit	Bukit Bendera	Lok Bunuq	Salut-Mengkabong	Nilai Indeks (Purata)
1	Kecederaan	0	0	Sangat Rendah							0.25
		1 – 25	0.25	Rendah	√	√	√	√			
		26 – 50	0.5	Sederhana					√		
		51 – 75	0.75	Tinggi							
		76 – 100	1.00	Sangat Tinggi							
2	Kematian	0	0	Sangat Rendah	√			√		√	0.25
		1 – 25	0.25	Rendah		√	√				
		26 – 50	0.5	Sederhana							
		51 – 75	0.75	Tinggi							
		76 – 100	1.00	Sangat Tinggi					√		
3	Keselamatan	0	0	Sangat Tinggi							0.79
		1 – 25	0.25	Tinggi							
		26 – 50	0.5	Sederhana							
		51 – 75	0.75	Rendah	√	√	√	√		√	
		76 – 100	1.00	Sangat Rendah					√		
4	Kehilangan Tempat Tinggal	0	0	Sangat Rendah							0.70
		1 – 25	0.25	Rendah				√			
		26 – 50	0.5	Sederhana							
		51 – 75	0.75	Tinggi	√	√	√			-	
		76 – 100	1.00	Sangat Tinggi					√		
5	Kesedaran Awam	0	0	Sangat Memuaskan							0.92
		1 – 25	0.25	Memuaskan							
		26 – 50	0.50	Sederhana							
		51 – 75	0.75	Tidak Memuaskan	√					√	
		76 – 100	1.00	Sangat Tidak Memuaskan		√	√	√	√		

Jenis-jenis gelinciran tanah mengikut kelas adalah sebanyak 20% jenis jatuhan, 30% jenis gelinciran translasi, 20% jenis gelinciran putaran, 15% jenis aliran, dan 15% jenis kompleks (hasil gabungan jatuhan, gelinciran dan/ataupun aliran);

Skala gelinciran tanah yang bersaiz kecil (< 50 m³) adalah 20 %, sederhana (50 m³ – 500 m³) (60 %) dan besar (> 500 m³) (20 %);

Kategori jenis guna tanah adalah seperti berikut: sektor kediaman (32.98%), sektor komersial (6.00%), sektor infrastruktur awam (0.82%), sektor perindustrian (1.68%), sektor institusi pengajian tinggi (2.27%) dan sektor pertanian, perhutanan dan lain-lain (53.92%);

Anggaran nilai hartanah bernilai RM 42,260,953,000 (sektor kediaman), RM 75,112,510,000 (sektor komersial), RM 573,965,000 (sektor perindustrian) dan RM 211,577,000 (sektor pertanian, perhutanan dan lain-lain) (Jabatan Penilaian dan Perkhidmatan Harta, 2009);

Anggaran taburan populasi berjulat dari 78,619 orang (kawasan Tuaran), 129,553 orang (kawasan Penampang) hinggalah 335,185 orang (kawasan Kota Kinabalu) (Jabatan Perangkaan Malaysia, 2008); dan

Darjah kebencanaan terdiri daripada sangat rendah (2.78%), rendah (14.14%), sederhana (19.74%), tinggi (51.63%), sangat tinggi (11.34%) dan lampau tinggi (0.37%) (Rodeano et al., 2010(a); 2010(b); 2010(c); & 2011) (Rajah 3).

Walaupun kebanyakan darjah kebencanaan gelinciran tanah di kawasan kajian agak tinggi (> 50 %), namun isu ini sering dipandang remeh. Buktinya terdapat di beberapa lokasi kelihatan bencana gelinciran tanah kian menonjol namun masih belum diambil tindakan yang sewajarnya. Antaranya keretakan pada struktur bangunan (Rajah 4), kerosakan pada kemudahan infrastruktur (Rajah 5), amblesan tanah (Rajah 6) dan kewujudan fitur-fitur geodinamik

(Rajah 7). Lebih menyedihkan apabila pihak-pihak yang bertanggungjawab dan pemilik harta benda sendiri langsung tidak mengendahkan tanda-tanda amaran mekanisma gelinciran tanah ini. Sikap sebegini amat dikhuatiri kerana kawasan-kawasan yang darjah kebencanaannya tinggi memerlukan kerja-kerja penstabilan/pencegahan risiko gelinciran tanah secara serta merta.

Survei LHV

Sebanyak enam (6) lokasi telah dipilih untuk kajian kes bagi menjalankan survei LHV berdasarkan kepada beberapa kriteria seperti berikut:

- Elemen risiko berada di bahagian atas puncak bukit; Bangunan (kawasan Asrama di kampus Universiti Teknologi MARA Malaysia (UiTM) cawangan Sabah)
- Kenderaan (Jalan Shantung, Penampang)
- Elemen risiko berada di bahagian tengah bukit; Bangunan (Kawasan Perkampungan Kepungit)
- Kenderaan (Bukit Bendera)
- Elemen risiko berada di bahagian bawah (kaki) bukit. Bangunan (Kawasan Perkampungan Lok Bunuq, Sepanggar)
- Kenderaan (lebuhraya Salut-Mengkabong)

Hasil daripada survei LHV ditunjukkan di dalam Jadual 1 hingga 3. Berdasarkan kepada Jadual 1, nilai indeks Kf purata secara keseluruhan terdiri daripada 0.67 (struktur bangunan), 0.42 (kelengkapan dalaman), 0.54 (kerosakan harta benda), 0.46 (kemudahan infrastruktur) dan 0.63 (tindakan penstabilan). Dengan mengaplikasikan persamaan (2), maka nilai indeks bagi Kf adalah seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 & \text{Kemudahterancaman fizikal, } Kf = \\
 & \frac{(5 \times a_i) + (4 \times b_i) + (3 \times c_i) + (2 \times d_i) + (1 \times e_i)}{15} \\
 & = \frac{(5 \times 0.67) + (4 \times 0.42) + (3 \times 0.54) + (2 \times 0.46) + (1 \times 0.63)}{15} \\
 & = \mathbf{0.55 \text{ (Kemudahterancaman sederhana)}}
 \end{aligned}$$



Rajah 6: Kejadian amblesan pada rumah (Taman Bundusan).

Untuk survei Ks purata, Jadual 2 menunjukkan nilai-nilai indeksinya adalah seperti 0.25 (kecederaan), 0.25 (kematian), 0.79 (keselamatan), 0.70 (kehilangan tempat tinggal) dan 0.92 (kesedaran awam). Dengan mengaplikasikan persamaan (3), maka nilai indeks bagi Ks adalah seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kemudahterancaman sosial, } K_s &= \frac{(5 \times a_s) + (4 \times b_s) + (3 \times c_s) + (2 \times d_s) + (1 \times e_s)}{15} \\ &= \frac{(5 \times 0.25) + (4 \times 0.25) + (3 \times 0.79) + (2 \times 0.70) + (1 \times 0.92)}{15} \\ &= \mathbf{0.46 \text{ (Kemudahterancaman sederhana)}} \end{aligned}$$

Manakala hasil survei kemudahterancaman purata gangguan terhadap persekitaran yang berpandukan kepada Jadual 3 menunjukkan bahawa nilai-nilai indeksinya adalah 0.67 (tempoh masa pembaikpulihan), 0.67 (operasi harian) dan 0.25 (diversiti). Dengan mengaplikasikan persamaan (4), maka nilai indeks bagi Kp adalah seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kemudahterancaman persekitaran, } K_p &= \frac{(3 \times a_p) + (2 \times b_p) + (1 \times c_p)}{6} \\ &= \frac{(3 \times 0.67) + (2 \times 0.67) + (1 \times 0.25)}{6} \\ &= \mathbf{0.60 \text{ (Kemudahterancaman sederhana)}} \end{aligned}$$

Daripada analisis ini dapatlah dirumuskan bahawa nilai indeks bagi setiap parameter Kf, Ks dan Kp bagi kawasan Kota Kinabalu, Sabah adalah ber julat dari 0.55, 0.46 dan 0.60. Nilai-nilai indeks yang diperolehi ini dikelaskan sebagai “kemudahterancaman sederhana”. Manakala nilai indeks puratanya $(0.55 + 0.46 + 0.60) / 3 = 0.54$ menunjukkan dalam kategori “kemudahterancaman sederhana” (merujuk kepada persamaan 5).

Cadangan nilai indeks bagi parameter-parameter kebolehteran

Nilai indeks bagi setiap parameter kemudahterancaman (Kf, Ks dan Kp) ditentukan dengan mengambil kira nilai indeks purata bagi 6 lokasi terpilih yang dicerap di lapangan. Berdasarkan kepada Jadual 1 hingga 3, nilai-nilai indeks yang boleh dicadangkan untuk setiap parameter



Rajah 7: Terdapatnya tanda-tanda pergerakan berulang pada tiang dan pokok pisang (Kg. Kepungit).

kemudahterancaman di kawasan Kota Kinabalu, Sabah ditunjukkan dalam Jadual 4.

Hasil daripada penaksiran gabungan nilai-nilai indeks, pengelasan kelas kemudahterancaman dan hasil pencerapan lapangan, sebuah jadual yang merumuskan atau memperihalkan ciri-ciri setiap parameter kemudahterancaman (Kf, Ks dan Kp) telah berjaya diterbitkan (Jadual 5 hingga 7). Jadual 5 memberikan gambaran yang jelas tentang tahap kerosakan struktur bangunan, kelengkapan dalaman, harta benda dan infrastruktur serta status tindakan penstabilan yang telah diambil untuk kawasan kajian. Indeks Kf bernilai 0.55 bermaksud kemudahterancamannya dalam kelas sederhana. Ini juga bermakna struktur bangunan, kelengkapan dalaman, harta benda atau kemudahan infrastruktur di kawasan kajian mempunyai kerosakan pada tahap sederhana yang masih boleh diperbaiki dan tahap tindakan penstabilannya pula bersifat sederhana. Jadual 6 pula menunjukkan status kecederaan, kematian, keselamatan, kehilangan tempat tinggal dan kesedaran awam bagi penduduk-penduduk yang mendiami kawasan kajian. Merujuk kepada Jadual 6, Ks dikelaskan sebagai sederhana (nilai indeks 0.46). Ini bermakna penduduk-penduduk di sini masih boleh mendiami kawasan tersebut dan menjalankan aktiviti seharian walaupun terdapat sedikit kes kecederaan fizikal atau kehilangan tempat tinggal ($< 5\%$). Keselamatan dan kesedaran awam penduduk terhadap bencana gelinciran tanah juga bertahap sederhana. Jadual 7 pula memerihalkan tentang status Kp. Jadual ini menghuraikan keadaan tempoh masa pembaikpulihan, operasi harian dan diversiti yang terjejas. Hasil kajian Kp memberikan nilai indeks 0.60 yang juga dikategorikan sebagai kelas sederhana. Ini bermakna persekitaran fizikal di kawasan kajian ini pernah terjejas pada suatu jangka masa yang sederhana (> 1 hari hingga < 2 minggu) dan melibatkan $11\% - 20\%$ daripada keseluruhan kerosakan atau pencemaran diversiti.

PERBINCANGAN

LHV yang lebih khusus pada umumnya merujuk kepada ciri-ciri elemen berisiko yang terdedah terhadap sesuatu

Jadual 3: Hasil nilai indeks kemudahterancaman persekitaran (Kp).

No.	Keterangan	Masa/ Peratus Kerosakan (%)	Nilai Indeks	Keterangan	UiTM	Shantung	Kepungit	Bukit Bendera	Lok Bunuq	Salut-Mengkabong	Nilai Indeks (Purata)
1	Tempoh Masa Pembaikpulihan	< 1 hari	0.25	Rendah							0.67
		> 1 hari - < 2 minggu	0.50	Sederhana			√			√	
		> 2 minggu - berbulan-bulan	0.75	Tinggi	√	√		√	√		
		Selama-lamanya	1.00	Sangat Tinggi							
2	Operasi Harian	< 1 hari	0.25	Rendah							0.67
		> 1 hari - < 2 minggu	0.50	Sederhana			√			√	
		> 2 minggu - berbulan-bulan	0.75	Tinggi	√	√		√	√		
		Selama-lamanya	1.00	Sangat Tinggi							
3	Diversiti	0	0	Sangat Rendah	√	√	√	√	√	√	0.25
		1 - 25	0.25	Rendah							
		26 - 50	0.5	Sederhana							
		51 - 75	0.75	Tinggi							
		76 - 100	1.00	Sangat Tinggi							

Jadual 4: Cadangan nilai indeks bagi setiap parameter kemudahterancaman.

No.	Parameter Kemudahterancaman	Sub Parameter Kemudahterancaman	Perincian pengiraan purata bagi setiap nilai indeks	Nilai Indeks Purata
1	Kemudahterancaman fizikal, Kf	Struktur bangunan : 0.67;	$(0.50 + 0.75 + 0.75) / 3 = \mathbf{0.67}$	$= \frac{(5 \times a) + (4 \times b) + (3 \times c) + (2 \times d) + (1 \times e)}{15}$
		Kelengkapan dalaman : 0.42;	$(0.25 + 0.50 + 0.50) / 3 = \mathbf{0.42}$	
2	Kemudahterancaman sosial, Ks	Kerosakan harta benda : 0.54;	$(0.25 + 0.50 + 0.75 + 0.50 + 1.00 + 0.25) / 6 = \mathbf{0.54}$	$= \frac{(5 \times 0.67) + (4 \times 0.42) + (3 \times 0.54) + (2 \times 0.46) + (1 \times 0.63)}{15}$
		Kemudahan infrastruktur : 0.46;	$(0.25 + 0.50 + 0.50 + 0.50 + 0.75 + 0.25) / 6 = \mathbf{0.46}$	
		Tindakan penstabilan : 0.63;	$(0.50 + 0.50 + 1.00 + 0.50 + 0.75 + 0.50) / 6 = \mathbf{0.63}$	
		Kecederaan : 0.25;	$(0.25 + 0.25 + 0.25 + 0.25 + 0.50 + 0.00) / 6 = \mathbf{0.25}$	
3	Kemudahterancaman persekitaran, Kp	Kematian : 0.25;	$(0.00 + 0.25 + 0.25 + 0.00 + 1.00 + 0.00) / 6 = \mathbf{0.25}$	$= \frac{(3 \times a) + (2 \times b) + (1 \times c)}{6}$
		Keselamatan : 0.79;	$(0.75 + 0.75 + 0.75 + 0.75 + 1.00 + 0.75) / 6 = \mathbf{0.79}$	
		Kehilangan tempat tinggal : 0.70;	$(0.75 + 0.75 + 0.75 + 0.25 + 1.00) / 5 = \mathbf{0.70}$	
		Kesedaran awam : 0.92;	$(0.75 + 1.00 + 1.00 + 1.00 + 1.00 + 0.75) / 6 = \mathbf{0.92}$	
		Tempoh masa pembaikpulihan : 0.67;	$(0.75 + 0.75 + 0.50 + 0.75 + 0.75 + 0.50) / 6 = \mathbf{0.67}$	$= \frac{(3 \times 0.67) + (2 \times 0.67) + (1 \times 0.25)}{6}$
	Operasi harian : 0.67	$(0.75 + 0.75 + 0.50 + 0.75 + 0.75 + 0.50) / 6 = \mathbf{0.67}$		
	Diversiti : 0.25	$(0.25 + 0.25 + 0.25 + 0.25 + 0.25 + 0.25) / 6 = \mathbf{0.25}$		
				= 0.60 (Kemudahterancaman sederhana)

bencana dan keupayaannya untuk menentang, mengatasi dan memulihara sesuatu impak bencana yang menimpa. Elemen-elemen yang berisiko mempunyai nilai fungsi dan intrinsik yang sukar untuk ditaksir secara kuantitatif. Jika dilihat dari segi sorotan literatur, kebanyakan kerja-kerja penaksiran LHV secara langsung bergantung sepenuhnya kepada angka nombor ataupun analisis statistik yang berupa pengiraan objektif dan jarang sekali melibatkan penaksiran maklumat emosional ataupun pendapat individu yang bersifat subjektif. Penaksiran semi-kuantitatif yang dicadangkan dalam kajian ini turut melibatkan pemahaman tentang unsur-unsur sosial dan emosional yang mana boleh mempengaruhi kehidupan seharian. Pendekatan sebegini meliputi ketoleransian, kesatuan sosial dan rangkaian, amanah dan apa-apa jangkaan yang menunjukkan keadaan sebenar yang berlaku di lapangan bagi setiap parameter-parameter kemudahterancaman. Tambahan pula, pendekatan semi-kuantitatif ini boleh menjelaskan betapa kritisnya sesebuah masyarakat atau penduduk yang boleh dipengaruhi oleh suatu peristiwa bencana. Jika ditinjau dari sudut kepentingan, tujuan utama LHV dijalankan adalah untuk memahami nilai bagi sesuatu natijah bencana gelinciran tanah. Penilaian natijah terhadap kemudahterancaman selalunya ditentukan berdasarkan kepada darjah atau magnitud pencetus malapetaka yang berbeza dan kepelbagaian parameter-parameter kemudahterancaman yang terlibat. Penaksiran LHV pada dasarnya masih dianggap sebagai suatu proses yang sukar untuk dikaji atau diketengahkan pendekatannya. Hal ini demikian kerana konsep ini bergantung kepada beberapa faktor seperti jenis-jenis gelinciran tanah, keadaan

ekonomi dan politik sesebuah negara serta cara natijahnya menjana darjah kemusnahan atau kematian yang berbeza.

Dalam konteks penyelidikan LRM, pendekatan LHV dijalankan dengan mengambil kira kemungkinan kematian atau kerugian maksima yang sering diungkapkan pada skala berangka iaitu dari nilai 0 (tiada kerosakan) hingga nilai 1 (kerosakan mutlak). Kebanyakan penyelidikan LRM bergantung kepada isu-isu kewajaran, pengetahuan tenaga pakar, pendekatan konseptual dan penaksiran data sejarah. Pada bahagian hasil dan keputusan, nilai indeks LHV di kawasan kajian adalah di antara 0.46 hingga 0.60 (berkemudahterancaman sederhana). Ini bermaksud fungsi empirikal ini memenuhi syarat taburan polinomial yang konsisten dan menepati angka lingkungan dari 0 hingga 1. Jika dibandingkan hasil keputusan yang diperolehi dengan penyelidikan-penyelidikan LHV sedia ada seperti yang telah dibincangkan di dalam sorotan literatur sebelum ini, ternyata nilai-nilai indeks yang dicadangkan agak tinggi. Misalnya nilai indeks kemudahterancaman fizikal pada kelas yang sederhana yang dicadangkan adalah bernilai indeks 0.55 manakala Leone *et al.* (1996) (Austria), Wong *et al.* (1997) (Hong Kong) dan Michael-Leiba *et al.* (2000) (Australia) (sebahagian contoh) masing-masing telah mencadangkan nilai indeks 0.40, 0.20 dan 0.25. Untuk nilai indeks kemudahterancaman sosial dan persekitaran pula, pada tahap kemudahterancaman yang sederhana Leone *et al.* (1996) telah mencadangkan nilai indeks 0.10 (kemudahterancaman sosial) dan 0.30 (kemudahterancaman persekitaran), Wong *et al.* (1997) telah mencadangkan nilai indeks 0.20 (kemudahterancaman sosial) dan 0.50

Jadual 5: Pengelasan dan ciri-ciri kemudahterancaman fizikal (kf).

Nilai	Kelas	Pengelasan	Keterangan dan cadangan susulan
< 0.21	1	Kemudahterancaman Sangat Rendah	Tiada kerosakan pada struktur bangunan, kelengkapan dalaman, harta benda atau kemudahan infrastruktur. Tindakan penstabilan adalah sangat memuaskan.
0.21 – 0.40	2	Kemudahterancaman Rendah	Kerosakan kecil pada struktur bangunan, kelengkapan dalaman, harta benda atau kemudahan infrastruktur yang tidak memerlukan kerja-kerja pembaikan serta merta. Tindakan penstabilan adalah memuaskan.
0.41 – 0.60	3	Kemudahterancaman Sederhana	Kerosakan sederhana pada struktur bangunan, kelengkapan dalaman, harta benda atau kemudahan infrastruktur namun masih boleh diperbaiki. Tindakan penstabilan adalah sederhana.
0.61 – 0.80	4	Kemudahterancaman Tinggi	Kerosakan teruk pada struktur bangunan, kelengkapan dalaman, harta benda atau kemudahan infrastruktur yang sukar untuk diperbaiki. Tindakan penstabilan adalah tidak memuaskan.
> 0.80	5	Kemudahterancaman Sangat Tinggi	Kerosakan penuh pada struktur bangunan, kelengkapan dalaman, harta benda atau kemudahan infrastruktur yang tidak boleh didiami lagi. Tindakan penstabilan adalah sangat tidak memuaskan.

Jadual 6: Pengelasan dan ciri-ciri kemudahterancaman sosial (ks).

Nilai	Kelas	Pengelasan	Keterangan dan cadangan susulan
< 0.21	1	Kemudahterancaman Sangat Rendah	Tiada penduduk terlibat.
0.21 – 0.40	2	Kemudahterancaman Rendah	Tiada kecederaan fizikal, kematian atau kehilangan tempat tinggal. Keselamatan dan kesedaran awam penduduk adalah pada tahap yang tinggi.
0.41 – 0.60	3	Kemudahterancaman Sederhana	Penduduk masih boleh mendiami dan menjalankan aktiviti seharian walaupun terdapat sedikit kes kecederaan fizikal atau kehilangan tempat tinggal (< 5 %). Keselamatan dan kesedaran awam penduduk adalah pada tahap yang sederhana.
0.61 – 0.80	4	Kemudahterancaman Tinggi	Melibatkan bilangan sederhana mangsa kecederaan, kematian atau kehilangan tempat tinggal (< 20 %). Keselamatan dan kesedaran awam penduduk adalah pada tahap yang rendah.
> 0.80	5	Kemudahterancaman Sangat Tinggi	Melibatkan bilangan besar mangsa kecederaan, kematian atau kehilangan tempat tinggal (> 20 %). Keselamatan dan kesedaran awam penduduk adalah pada tahap yang sangat rendah.

Jadual 7: Pengelasan dan ciri-ciri kemudahterancaman persekitaran (kp).

Nilai	Kelas	Pengelasan	Keterangan dan cadangan susulan
< 0.21	1	Kemudahterancaman Sangat Rendah	Tidak terjejas.
0.21 – 0.40	2	Kemudahterancaman Rendah	Terjejas pada suatu jangka masa yang singkat (beberapa jam hingga < 1 hari) dan melibatkan < 10 % diversiti yang terjejas.
0.41 – 0.60	3	Kemudahterancaman Sederhana	Terjejas pada suatu jangka masa yang sederhana (> 1 hari hingga < 2 minggu) dan melibatkan 11 % - 20 % diversiti yang terjejas.
0.61 – 0.80	4	Kemudahterancaman Tinggi	Terjejas pada suatu jangka masa yang lama (> 2 minggu hingga berbulan-bulan) pada tahap kerentanan fizikal dan melibatkan 21 % - 30 % diversiti yang terjejas.
> 0.80	5	Kemudahterancaman Sangat Tinggi	Terjejas selama-lamanya dan melibatkan > 30 % diversiti yang terjejas.

(kemudahterancaman persekitaran) dan Michael-Leiba *et al.* (2000) (Australia) telah mencadangkan nilai indeks 0.05 (kemudahterancaman sosial) dan 0.30 (kemudahterancaman persekitaran) sedangkan nilai indeks kemudahterancaman sosial dan persekitaran yang dicadangkan dalam kajian ini adalah 0.46 dan 0.60. Perbezaan yang jelas nilai-nilai indeks LHV seperti yang dicadangkan jika dibandingkan dengan yang sedia ada mungkin disebabkan oleh kurangnya kesedaran awam, pengetahuan dan pendedahan mengenai gelinciran tanah; serta kekurangan kod-kod bangunan dan ketiadaan penilaian rekabentuk kejuruteraan yang mengambil kira faktor-faktor pencetus bencana (hujan lebat/gempa bumi) di Malaysia.

Sejarah telah membuktikan bahawa perubahan era globalisasi telah mengubah tahap risiko dalam jangka masa pendek mahupun jangka masa panjang. Perubahan ini disebabkan oleh tindakan dinamik yang terdapat di dalam setiap parameter-parameter faktor yang dipertimbangkan semasa prosedur penaksiran LHV. Selain daripada persoalan terhadap tahap kerugian yang dijangkakan, kebolehterapan lebih cenderung menjadi suatu konsep dinamik yang berkaitan dengan kembaran abadi (*perpetual duality*) yang bertujuan untuk mengurangkan atau meringankan kesan risiko yang tercetus. Sistem-sistem dalam LHV melalui persepsi risiko boleh bertindak sebagai suatu fungsi bagi peramalan kos-kos yang mana amat berfaedah kepada penduduk-penduduk dan pihak-pihak berkepentingan seperti pemaju, pembuat dasar ataupun pihak berkuasa. Bagi memenuhi keperluan asas produk yang dihasilkan dalam penyelidikan LRM, penganalisan bencana,

kemudahterancaman dan elemen berisiko sama ada dari sudut perspektif sosio-ekonomi ataupun sains perlulah digabungkan agar tahap risiko akan dapat dikurangkan secara lebih cekap dan efisien. Mekanisme hubungan fungsi ini dengan pembuat dasar ataupun pemaju dan faktor-faktor individu perlu seiring bagi melahirkan suatu pendekatan LRM yang mampan.

Penaksiran kemudahterancaman diperlukan semasa penetapan prosedur analisis kos faedah bagi sebarang perancangan mitigasi. Rangka kerja yang telah dicadangkan dalam kajian ini melibatkan pendekatan sains spatial dan temporal yang terdiri daripada intensiti proses dan nilai-nilai objek luas permukaan. Semenjak konsep kemudahterancaman ditakrifkan dengan menggunakan pendekatan aktuari (*actuarial*), nilai-nilai kematian dan kerugian menjadi topik penting dan sering digunakan pada latar belakang ekonomi yang berbeza. Suatu mekanisme penambah-baikkan perlu diambil kira supaya piawaian dalam fungsi kemudahterancaman dapat dipertingkatkan. Kepekaan sensitiviti hasil penyelidikan ini sangat bergantung kepada nilai-nilai pemberat bagi setiap parameter-parameter kemudahterancaman. Berdasarkan kepada nilai pemberat yang pelbagai pada lokasi yang berbeza, nilai-nilai objektif dan subjektif akan memberikan kategori kemudahterancaman yang berlainan walaupun mempunyai ciri-ciri yang agak serupa. Pendekatan semi-kuantitatif ini telah menonjolkan kepentingan fakta dalam rangka kerja yang dicadangkan kerana ianya lebih fleksibel dan praktikal kepada keperluan pengguna dan mudah diguna-pakai tertakhluk kepada keutamaan. Pendekatan yang dicadangkan adalah

berdasarkan kepada andaian bahawa masa depan gelinciran tanah yang berlaku adalah tetap sama dari segi faktor pencetus atau mekanisme kejadian dengan yang sebelumnya. Bagi menentukan atribut-atribut yang manakah di dalam pengkalan data mempunyai pengaruh yang paling signifikan terhadap parameter-parameter kemudahterancaman, analisis regresi tak linear, analisis regresi berganda ataupun analisis pembeza (discriminant) yang mengambil kira magnitud dan kekerapan bagi sesuatu kejadian gelinciran tanah bolehlah dijalankan. Hal ini demikian kerana kertas kerja ini tidak memberi penekanan terhadap pengaktifan semula kejadian gelinciran tanah yang lepas pada skala kekerapan atau magnitud akan tetapi menilai kawasan-kawasan yang sedang aktif berlaku sahaja.

Maksud kemudahterancaman dalam konteks penyelidikan LHV adalah bertujuan untuk membezakan tahap keperitan/kesakitan yang berlainan bagi seseorang (individu) yang menderita walaupun ditimpa oleh bencana yang sama berbanding orang (individu) yang lain. Fenomena sejagat ini semakin jelas dan diperakui kemudaratanya, buktinya kita sering melihat fenomena-fenomena bencana alam yang berlaku semakin hari semakin memuncak lalu menjadi bencana dan malapetaka yang bukan hanya sekadar berakar umbi dalam lingkungan litosfera dan atmosfera bumi, akan tetapi turut mencakupi ruang lingkup manusia dan benda hidup lain di dalam bumi (biosfera). Tahap kehilangan nyawa dan kerosakan ekonomi di dunia ini adalah bergantung kepada magnitud kekuatan alam dan ketahanannya menghadapi tindak balas bencana. Jika dilihat dari sudut darjah kebencanaan, jumlah mangsa terkorban atau takat kerugian (elemen-elemen berisiko) bagi sesebuah negara adalah bergantung sepenuhnya kepada tahap kejayaan memantau dan merekabentuk struktur binaan atau kemudahan infrastruktur lain (penebat), kesedaran masyarakat (persediaan) dan kelestarian ekologi persekitaran (pemuliharaan).

KESIMPULAN

Dalam kertas kerja ini, sebuah rangka kerja baru, nilai-nilai indeks parameter kemudahterancaman dan pengelasan tahap kemudahterancaman dalam penyelidikan LHV yang sesuai untuk keperluan tempatan telah berjaya dihasilkan. Terdapat beberapa kesimpulan yang boleh dibuat hasil daripada penyelidikan ini iaitu:

Nilai indeks bagi setiap parameter kemudahterancaman struktur bangunan bagi kawasan kajian adalah 0.67, kelengkapan dalaman ialah 0.42, kerosakan harta benda ialah 0.54, kemudahan infrastruktur ialah 0.46, tindakan penstabilan ialah 0.63, kecederaan ialah 0.25, kematian ialah 0.25, keselamatan ialah 0.79, kehilangan tempat tinggal ialah 0.70, kesedaran awam ialah 0.92, tempoh masa pembaikpulihan ialah 0.67, operasi harian ialah 0.67 dan diversiti ialah 0.25. Walau bagaimanapun, nilai ini hanya sesuai digunakan untuk kawasan kajian sahaja kerana sebarang penyelidikan LHV tertakhluk kepada kedudukan lokasi kawasan yang berbeza dari segi latar belakang sosio-ekonomi, politik serta tahap kesedaran dan persepsi risiko

masyarakat.

Pengelasan nilai indeks bagi LHV secara keseluruhannya adalah 0.55 bagi Kf, 0.46 bagi Ks dan 0.60 bagi Kp di mana purata bagi kesemuanya juga dikelaskan sebagai “berkemudahterancaman yang sederhana (0.54)”. Nilai-nilai indeks ini adalah jauh lebih tinggi berbanding dengan negara-negara maju yang lain. Misalnya nilai indeks Kf pada kelas sederhana yang dicadangkan adalah 0.55 manakala Leone *et al.* (1996), Wong *et al.* (1997) dan Michael-Leiba *et al.* (2000) masing-masing telah mencadangkan nilai indeks 0.40, 0.20 dan 0.25. Untuk nilai indeks Ks dan Kp pula, dalam kelas kemudahterancaman yang sederhana, Leone *et al.* (1996) telah mencadangkan nilai indeks 0.10 (Ks) dan 0.30 (Kp), Wong *et al.* (1997) telah mencadangkan nilai indeks 0.20 (Ks) dan 0.50 (Kp) dan Michael-Leiba *et al.* (2000) telah mencadangkan nilai indeks 0.05 (Ks) dan 0.30 (Kp) sedangkan nilai indeks Ks dan Kp yang dicadangkan dalam kajian ini adalah 0.46 dan 0.60. Hal ini adalah disebabkan oleh kurangnya kesedaran awam, pengetahuan dan pendedahan mengenai gelinciran tanah; serta kekurangan penilaian rekabentuk kejuruteraan yang mengambil kira faktor-faktor pencetus bencana (hujan lebat/gempa bumi).

Perkiraan nilai indeks kemudahterancaman tidak dapat ditentukan secara kuantitatif kerana ia memerlukan data pencerapan lapangan yang disokong oleh penyediaan data-data sekunder secara relatif.

Walaupun nilai-nilai indeks yang dicadangkan hanya sesuai untuk digunakan di kawasan kajian, namun rangka kerja yang diperkenalkan boleh diterima-pakai dan diaplikasikan di tempat lain kerana ia bersifat fleksibel dan praktikal kepada keperluan pengguna.

PENGHARGAAN

Jutaan terima kasih yang tidak terhingga diucapkan kepada pihak-pihak Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), dan Universiti Malaysia Sabah (UMS) di atas kemudahan penggunaan peralatan kajian di makmal dan di lapangan serta Kementerian Pengajian Tinggi (KPT) atas tajaan biasiswa Skim Latihan Akademik Bumiputera (SLAB) kepada penulis^{1,2} yang banyak membantu dari segi kewangan di sepanjang kajian ini dijalankan. Penghargaan yang tertinggi juga diberikan kepada KPT di atas anugerah geran penyelidikan fundamental (FRG0258/SS2-2010) bagi membiayai segala kos penyelidikan.

REFERENCES / RUJUKAN

- Aleotti, P. & Chowdhury, R. 1999. Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives, *Bull. of Engineering Geology and Environment* 58: 21–44.
- Alexander, D. 2005. *Vulnerability to landslides*. Glade, T., Anderson, M. & Crozier M. J. (eds.). *Landslide hazard and risk*. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, West Sussex. 175-198.
- Barbolini, M., Cappabianca, F., & Sailer, R. 2004. Empirical estimate of vulnerability relations for use in snow avalanche risk assessment, edited by: Brebbia, C., *Risk Analysis IV*, WIT Press, Southampton, 533–542.
- Bell, R. & Glade, T. 2004. *Quantitative Risk Analysis for Landslides – Examples from Bildudalur, NW Iceland*. *Nat. Hazards Earth*

- Syst. Sci. 4: 117–131.
- Bodini, A. & Cossu, Q. A. 2010. Vulnerability assessment of Central-East Sardinia (Italy) to extreme rainfall events. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10: 61–72.
- Boholm, Å. 1998. Comparative studies of risk perception: a review of twenty years of research. *J. Risk Res.* 1(2): 135–163.
- Bl'ochl, A. & Braun, B. 2005. Economic assessment of landslide risks in the Schwabian Alb, Germany—research framework and first results of homeowners and experts surveys. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 5: 389–396.
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. & Wisner, B., 1994. *At risk - Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Routledge, London, 284 pp.
- Buckle, P., 2006. Assessing social resilience. Dlm: Paton, D. & Johnston, D. (Eds), *Disaster resilience*. Charles C Thomas, Springfield, 88-104.
- Cardinali, M., Reichenbach, P., Guzzetti, F., Ardizzone, F., Antonini, G., Galli, M., Cacciano, M., Castellani, M. & Salvati, P. 2002. A geomorphological approach to the estimation of landslide hazards and risk in Umbria, Central Italy. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 2: 57–72.
- Cutter, S. L. 1996. Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography* 20: 529–539.
- Douglas, J. 2007. Physical vulnerability modelling in natural hazard risk assessment. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 7: 283–288.
- Dai, F.C., Lee, C.F. & Ngai, Y.Y. 2002. Landslide risk assessment and management: an overview. *Engineering Geology* 64: 65–87.
- Fell, R. 1994. Landslide risk assessment and acceptable risk. *Canadian Geotechnical Journal* 31:261-72.
- Fell, R. & Hartford, D. 1997. Landslide risk management. Cruden, D.M. & Fell, R. (eds.). *Landslide risk assessment—Proc. of the Workshop on Landslide Risk Assessment, Honolulu, Hawaii, USA, 19-21 February 1997*. Rotterdam, A.A. Balkema: 51-109.
- Finlay, P.J. & Fell, R. 1997. Landslide: risk perception and acceptance. *Canadian Geotechnical Journal* 34 (2): 169-188.
- Fuchs, S., Heiss, K. & Hubl, J. 2007. Towards an empirical vulnerability function for use in debris flow risk assessment. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 7: 495-506.
- Fuchs, S. 2008. Vulnerability to torrent processes. *WIT Transactions on Information and Communication Technologies* 39: 289-298.
- Glade, T. 2003. Vulnerability assessment in landslide risk analysis. *Die Erde* 134: 123–146.
- Glade, T., & Crozier, M. 2005. *Landslide hazard and risk*, John Wiley & Sons, Chichester
- Galli, M. & Guzzetti, F. 2007. Landslide vulnerability criteria: A case study from Imbria, Central Italy. *Environ. Manage.* 40: 649-664.
- Haynes, K., Barclay, J., Pidgeon, N. 2008. Whose reality counts?; Factors affecting the perception of volcanic risk, *J. Volcanol. Geoth. Res.*, 172: 259–272,
- Hollestein, K. 2005. Reconsidering the risk assessment concept: Standardizing the impact description as a building block for vulnerability assessment. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 5: 301–307.
- Hufschmidt, G. 2008. *The evolution of risk from landslides: concepts and applications for communities in New Zealand*. Victoria University of Wellington. PhD Thesis (unpublished). 422p.
- IUGS (1997). *Quantitative risk assessment for slopes and landslides – the State of the Art*. IUGS Working Group on Landslides, Committee on Risk Assessment, in *Landslide risk assessment*, Cruden & Fell (eds): 3-12.
- Jabatan Penilaian dan Perkhidmatan Harta. 2009. *Laporan pasaran harta separuh pertama 2009*. Sabah 1- Sabah 90.
- Jabatan Perangkaan Malaysia, 2008. *Taburan Penduduk dan Ciri-Ciri Asas Demografi - Banci Penduduk dan Perumahan Malaysia, 1980, 1991, 2000 & 2008*. P. 9-32.
- Jóhannesdóttir, G., & Gísladóttir, G. 2010. People living under threat of volcanic hazard in southern Iceland: vulnerability and risk perception. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 10: 407–420.
- Kienberger, S. Lang, S. & Zeil P. 2009. Spatial vulnerability units – expert-based spatial modelling of socio-economic vulnerability in the Salzach catchment, Austria. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 9: 767–778.
- Kunreuther, H., Novemsky, N., & Kahneman, D. 2001. Making low probabilities useful. *J. Risk Uncertainty* 23: 103–120.
- Leone, F., Aste, J.P. & Leroi, E. 1996. Vulnerability assessment of elements exposed to mass-moving: working toward a better risk perception. Senneset, K. (Ed.), *Landslides*. Balkema, Rotterdam. 263– 269.
- Michael-Leiba, M., Baynes, F. & Scott, G. 2000. Quantitative Landslide risk assessment of Cairns, Australia. Dlm: Bromhead, E., Dixon, N. & L. Ibsen, M. (eds.): *Landslide: In research, theory and practice*. Proc. of the 8th International Symposium on Landslides, Cardiff, 26-30 June 2000. London: 1059-1064.
- Mileti, D. 1994. *Human Adjustment to the Risk of Environmental Extremes*, Dlm: *Environmental Risks and Hazard*, edited by: Cutter, S., Upper Saddle River Prentice Hall.
- Papathoma, M., Dominey-Howes, D., Zong, Y. & Smith, D. 2003. Assessing tsunami vulnerability, an example from Herakleio, Crete. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 3: 377–389.
- Papathoma-Köhle, M., Neuhäuser B., Ratzinger K., Wenzel H. & Dominey-Howes D. 2007. Elements at risk as a framework for assessing the vulnerability of communities to landslides. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 7: 765–779.
- Peduzzi, P., Dao, H., Herold, C. & Mouton, F. 2009. Assessing global exposure and vulnerability towards natural hazards: the Disaster Risk Index. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 9: 1149–1159.
- Pidgeon, N., Hood, C., Turner, B. & Gibson, R. 1992. *Risk Perception: Risk: Analysis, Perception and Management*, London: The Royal Society,
- Ragozin, A.L. 1996. Modern problems and quantitative methods of landslide risk assessment. Dlm: Senneset, K. (ed.): *Landslide – Glissements de terrain*. Proc. of the seventh international symposium on landslides, 17-21 June 1996, Trondheim, Rotterdam: 339-344.
- Ragozin, A.L. & Tikhvinsky, I.O. 2000. Landslide hazard, vulnerability and risk assessment. Dlm : Bromhead, E., Dixon, N. & L. Ibsen, M. (eds.): *Landslide: In research, theory and practice*. Proc. of the 8th International Symposium on Landslides, Cardiff, 26-30 June 2000. London: 1257-1262.
- Roberts N.J., Nadim F., & Kalsnes B. 2009. Quantification of vulnerability to natural hazards. *Georisk* 3 (3): 164 – 173.
- Rodeano Roslee, Tajul Anuar Jamaluddin & Mustapa Abd. Talip, 2010a. Aplikasi GIS dalam Penaksiran Risiko Gelinciran Tanah (LRA): Kajian Kes bagi kawasan sekitar Bandaraya Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia. Proc. of the National Geoscience Conference 2010. 11th – 13th June 2010. Grand BlueWave Hotel, Shah Alam, Selangor, Malaysia. 75-76.
- Rodeano Roslee, Mustapa Abd. Talip & Tajul Anuar Jamaluddin. 2010b. Landslide management using geospatial technology (LMGT): Case Study for Kota Kinabalu Area, Sabah, Malaysia. Proc. of the 4th National Gis Conference and Exhibition (NGIS 2010), 28-29th June 2010, Pusat Konvensyen Antarabangsa Putrajaya (PICC), Presint 5, Putrajaya, Malaysia. Invited Speaker.
- Rodeano Roslee, Tajul Anuar Jamaluddin, Sanudin Tahir & Mustapa

- Abd. Talip. 2010c. GIS Application for Comprehensive Spatial Landslide Hazard Analysis (LHA) in Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia. Proc. of the 3rd Southeast Asian Natural Resources and Environmental Management Conference (SANREM 2010), 03-05th August 2010, Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia. 177-190.
- Rodeano Roslee, Tajul Anuar Jamaluddin, Mustapa Abd. Talip, James Anthony Collin & Budirman Rudding. 2011. Integrated geospatial technology on landslide susceptibility analysis in Kota Kinabalu area, Sabah, Malaysia. Proc. of the Map Malaysia 2011, 05-06th April 2011, Magellan Sutera, Sutera Harbour Resort, Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia. <http://www.mapmalaysia.org/2011/proceeding/disaster.htm> (online).
- Sjöberg, L. 2000. Factors in Risk Perception. *Risk Anal.* 20(1): 1–11.
- Slovic, P., Finucane, M. L., Peters, E. & MacGregor, D. G. 2004. Risk Analysis and Risk as a Feeling: Some thought about Affect, Reason, Risk and Rationality. *Risk Anal.* 24(2): 311–322.
- Taubenböck, H., Post, J., Roth, A., Zosseder, K., Strunz G. & Dech S. 2008. A conceptual vulnerability and risk framework as outline to identify capabilities of remote sensing. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 8: 409–420.
- The Concise Oxford Dictionary, 1995. The Concise Oxford Dictionary. Clarendon Press, Oxford, 1632 pp.
- Varnes, D. 1984. Landslide hazard zonation: a review of principles and practice, UNESCO, Paris.
- Weichselgartner, J. 2001. Disaster mitigation: the concept of vulnerability revisited. *Disaster Prevention and Management* 10: 85–94.
- Wisner, B. 2004. Assessment of capability and vulnerability. Bankoff, G., Frerks, G. and Hilhorst, D. (eds.). *Mapping vulnerability*. Earthscan, London. 183–193.
- Wong, H.N., Ho, K.K.S. & Chan, Y.C., 1997. Assessment of consequence of landslides. Cruden, R., Fell, R. (eds.). *Landslide Risk Assessment*. Balkema, Rotterdam. 111 – 149.

Manuscript received 10 July 2010

Revised manuscript received 22 June 2012