

Geoindikator untuk Penilaian Kemudah-Terancam Geobencana: Kajian Kes di Shah Alam dan Hulu Langat

James Bachat^a, Joy Jacqueline Pereira^b and Ibrahim Komoo^b

^aGeoMapping Technology Sdn. Bhd.
7A, Jalan Sejat 8/10, Seksyen 8, 40000 Shah Alam, Selangor
E-mail: geomap@first.net.my

^bInstitut Alam Sekitar dan Pembangunan (LESTARI)
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor

Abstrak: Konsep geoindikator telah diserapkan dalam kertas kerja ini bagi keperluan penilaian kemudah-terancam geobencana. Kerangka konsep kemudah-terancam geobencana telah dibina bertujuan untuk membangunkan geoindikator dan menjelaskan secara menyeluruh mengenai hubungan antara geobencana dengan sistem manusia-alam sekitar. Geoindikator geobencana berguna dalam kerangka konsep ini sebagai ukuran untuk menentukan kemudah-terancam sistem dan penilaian risiko geobencana. Kerangka konsep ini dapat menentukan mana-mana sistem yang terdedah dan berisiko kepada geobencana. Respon sistem dan mekanisme mengatasi juga telah dikenalpasti untuk mengurangkan impak dan kemudah-terancam. Geoindikator geobencana ini membekalkan amaran awal geobencana terutamanya kepada komuniti yang tinggal di kawasan yang cenderung untuk mengalami kejadian geobencana.

Abstract: The geoinicator concept has been applied in this study for the assessment of geohazard vulnerability. A vulnerability conceptual framework has been used to integrate geoindicators and to explain the relationship between geohazards and the human-environment system. The geohazard geoindicators in the conceptual framework are found to be useful to identify exposure to risk of geohazards, system's vulnerability and geohazard risk assessment. The response system and coping mechanisms have also been identified to reduce impact and assess vulnerability. The integration of geoindicators into the conceptual framework is able to provide early warning for geohazard occurrences to communities in vulnerable areas.

PENGENALAN

Kemudah-terancam (*vulnerability*) kerap digunakan dalam penyelidikan berkenaan risiko dan bencana, terutamanya yang melibatkan perubahan alam sekitar dan bencana akibat pembangunan yang pesat. Perspektif ini menonjolkan kemudah-terancam manusia, iaitu keadaan yang berakar umbi sejak dulu lagi dan melibatkan budaya sosial dan proses ekonomi yang meninggalkan kesan terhadap keupayaan individu dan masyarakat untuk mengatasi geobencana dan memberi respon secukupnya. Perkara yang perlu diberikan perhatian dalam kajian kemudah-terancam geobencana ialah taburan geobencana, kependudukan manusia pada kawasan yang cenderung mengalami geobencana, strategi mengatasi yang diamalkan dan implikasi sosio-ekonomi akibat kejadian geobencana. Justeru itu, satu kerangka konsep kemudah-terancam diperlukan untuk memahami kemudah-terancam secara lebih menyeluruh dan menentukan risiko yang wujud akibat geobencana serta tindakbalas manusia untuk mengurangkan impak risiko dan kejadiannya. Geoindikator (penunjuk geologi) geobencana diperlukan dalam kerangka konsep ini bagi memudahkan penilaian kemudah-terancam terhadap sistem interaksi manusia-alam sekitar. Dengan itu, sifat geobencana dan potensinya di dalam mempengaruhi kemudah-terancam dapat ditentukan.

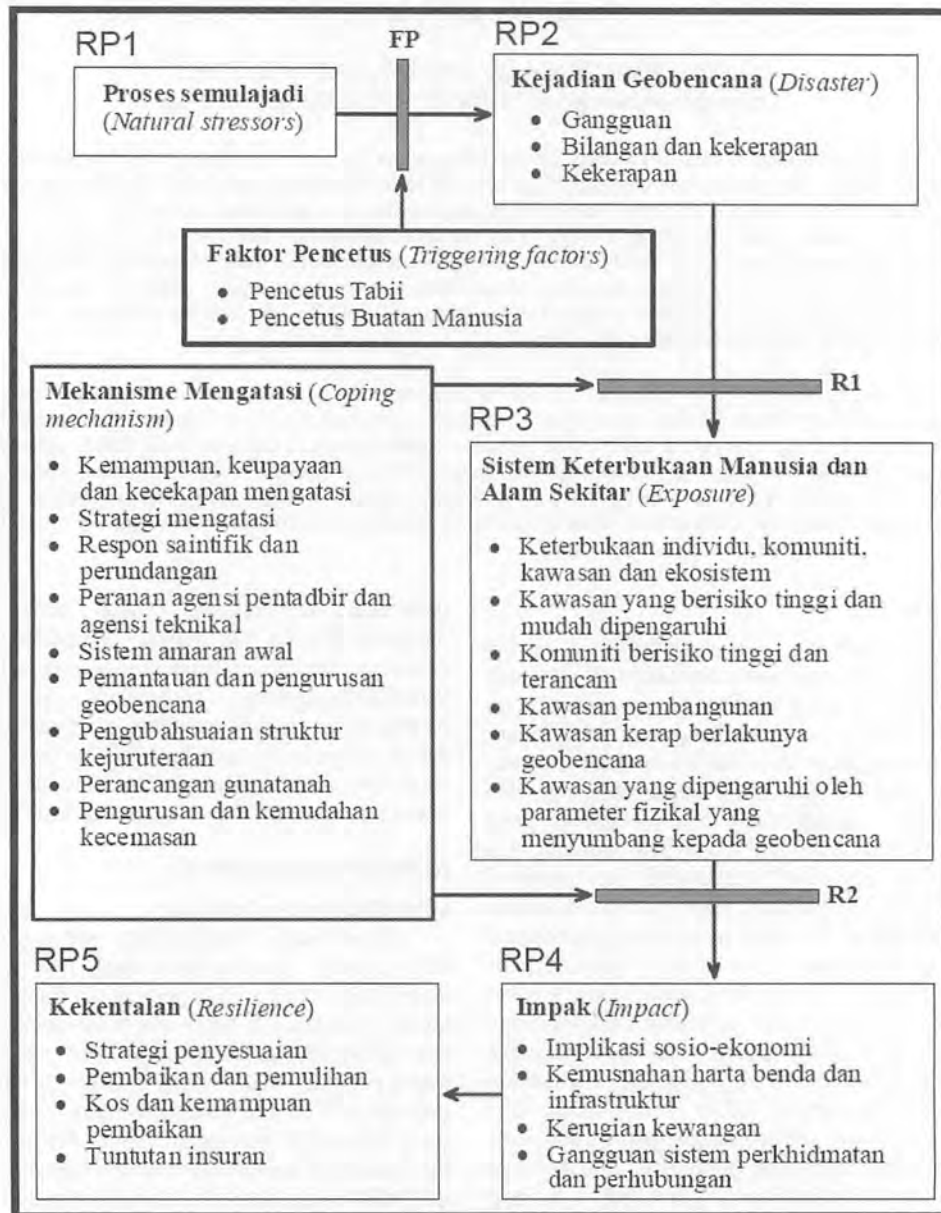
Kertas kerja ini memberi perhatian kepada penggunaan geoindikator geobencana dalam kerangka konsep kemudah-terancam bagi keperluan perancangan dan pengurusan geobencana secara menyeluruh dan

bersepadu. Ia bermula dengan penerangan ringkas mengenai konsep dan definisi geoindikator geobencana, kemudah-terancam geobencana serta kerangka konsep kemudah-terancam geobencana. Ini diikuti oleh perbincangan ringkas mengenai penggunaan geoindikator dalam kerangka konsep kemudah-terancam banjir dan banjir kilat di Shah Alam dan tanah runtuh di Hulu Langat untuk tujuan perancangan dan pengurusan geobencana.

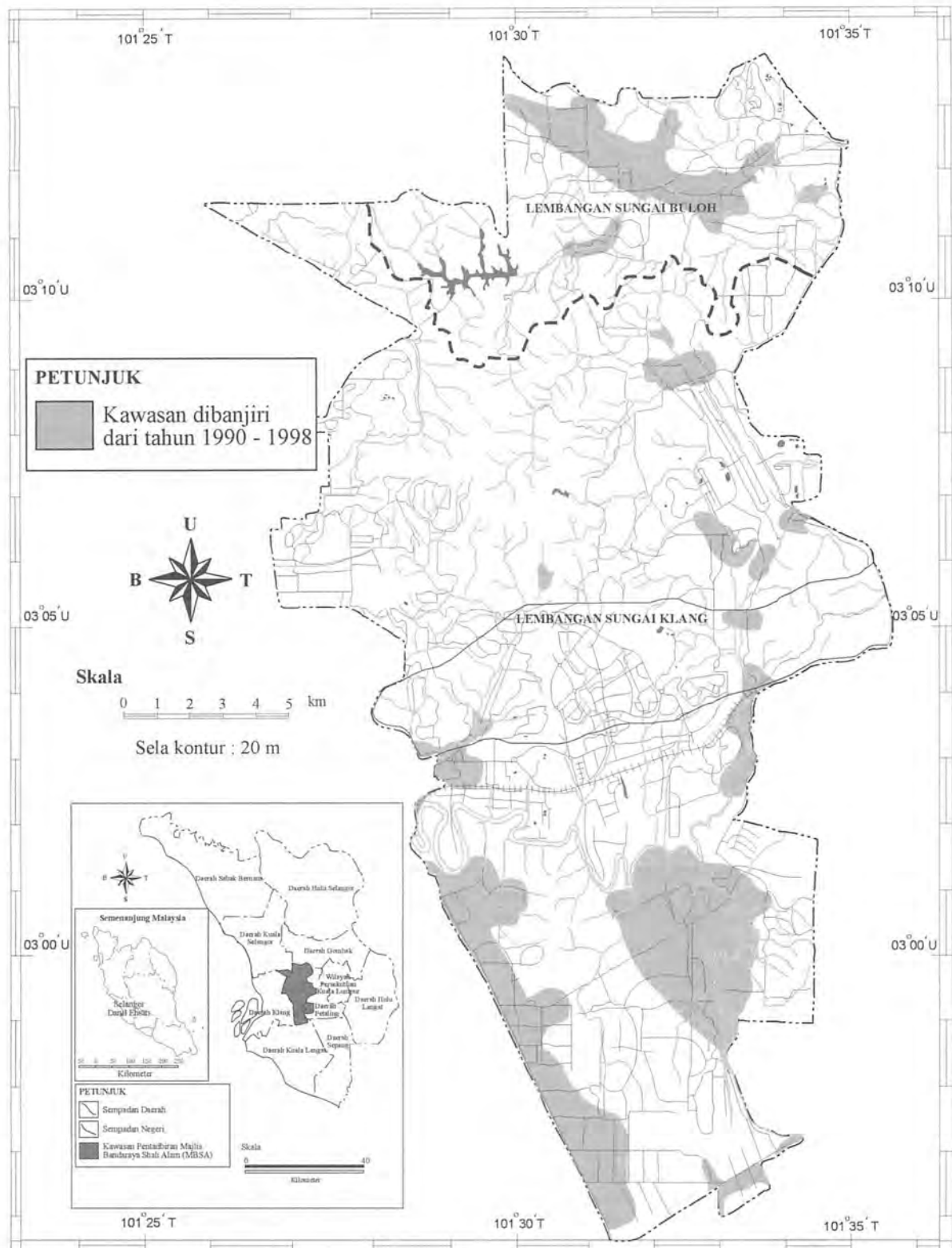
KONSEP DAN DEFINISI

Geoindikator Geobencana

Geoindikator didefinisikan sebagai ukuran proses dan fenomena geologi (magnitud, frekuensi, kadar dan arah) yang berlaku pada permukaan bumi dalam tempoh kurang daripada 100 tahun dan ia membekalkan maklumat tentang perubahan alam sekitar dan maklumat berguna untuk penilaian alam sekitar (Berger, 1996). Pendekatan geoindikator berguna untuk mengkaji sebarang kawasan yang mengalami perubahan fizikal dan geologi mutakhir bagi penilaian kemudah-terancam geobencana. Aplikasi geoindikator geobencana digunakan untuk memantau dan menilai aspek-aspek fizikal berhubung geobencana. Ini adalah kerana, geoindikator geobencana merupakan maklumat yang dapat membekalkan amaran awal kepada kejadian geobencana. Geoindikator mengkuantitikan dan memudahkan maklumat tentang sesuatu fenomena yang kompleks. Aspek ini diperlukan untuk memahami kemudah-terancam secara lebih ringkas. Ia juga mencirikan kesahihan secara saintifik melalui penyelidikan yang dijalankan. Pengaruh antropogenik



Rajah 1: Kerangka konsep kemudah-terancaman geo-bencana.



Rajah 2: Kedudukan Shah Alam dan taburan kejadian banjir dan banjir kilat.

memainkan peranan yang penting yakni beberapa geoinдикator akan lebih mudah dipengaruhi oleh faktor antropogenik berbanding secara semulajadi.

Geoinдикator bukanlah sesuatu yang baru tetapi yang baru ialah memasukkan geoinдикator ke dalam satu kerangka konsep biasa yang dibina bertujuan untuk menitikberatkan kepentingan geoinдикator termasuklah perubahan pesat geologi dalam penilaian alam sekitar kepada bukan ahli geologi (Berger, 1997). Konsep geoinдикator sangat berkait rapat dengan kesensitifan landskap dan ia dapat melengkapi kerangka konsep untuk menilai perubahan dalam ekosistem dan landskap komponen abiotik akibat proses semulajadi dan aktiviti manusia (Berger, 1998). Secara umumnya, kerangka konsep kemudah-terancam geobencana dibina bagi membangunkan geoinдикator sebagai satu penunjuk kepada kemudah-terancam geobencana.

Kemudah-terancam Geobencana

Pembangunan definisi dan kerangka konsep serta komponen ukuran berkaitan merupakan aspek penting dalam kajian kemudah-terancam (Kasperson & Kasperson, 2001). Kemudah-terancam ialah darjah di mana sistem, sebahagian sistem atau komponen sistem berkemungkinan mengalami kecederaan akibat keterbukaan kepada bencana sama ada gangguan atau tekanan (Turner *et al.*, 2003). Kemudah-terancam terhasil daripada keterbukaan sistem dan keterbukaan itu diguna sebagai satu ukuran untuk mengatasi (Abdul Samad Hadi, 2000). Selain didefinisikan merujuk kepada keterbukaan, kemudah-terancam juga mempunyai perkaitan dengan kemampuan dan potensi pemulihan (Watts & Bohle, 1993) serta potensi kehilangan (Mitchell, 1989). Oleh itu, penentuan dan respon kebiasaan terhadap kemudah-terancam ialah mengurangkan keterbukaan, meningkatkan kemampuan mengatasi, mengukuhkan potensi pemulihan, membangunkan kawalan kemusnahan dan pembangunan mitigasi.

Kemudah-terancam merupakan ukuran keseluruhan kebajikan dan kesejahteraan manusia yang menggabungkan keterbukaan alam sekitar, sosial, ekonomi dan politik kepada had potensi gangguan berbahaya (Bohle *et al.*, 1994). Ini menjelaskan bahawa kemudah-terancam adalah dimensi berbagai ruang sosial yang digambarkan oleh kecekapan penentuan, politik, ekonomi dan institusi penduduk di kawasan tertentu pada masa yang tertentu. Timmerman (1981) telah menjelaskan pengertian awal kemudah-terancam akibat peristiwa bencana di mana ia didefinisikan sebagai darjah bagi sesuatu sistem yang bertindakbalas terhadap kejadian peristiwa berbahaya. Darjah dan kualiti tindakbalas itu bergantung kepada sistem kekentalan (*resilience*) iaitu ukuran kemampuan sistem itu menyerap dan memulihkan keadaan daripada peristiwa itu. Kemudah-terancam melibatkan keupayaan untuk menghilangkan kecederaan dan bertindakbalas menentangnya (Kates, 1985). Ini menggambarkan kekentalan sistem untuk menyerap dan melakukan penyesuaian akibat kecederaan yang dialami oleh sistem. Kemudah-terancam juga dinyatakan sebagai ketidakupayaan untuk mengambil ukuran yang efektif sebagai jaminan untuk mengurangkan kehilangan (Bogard, 1989). Bila ia dirujuk kepada individu, kemudah-terancam ialah akibat kemungkinan atau kemustahilan

pemulihan efektif dan sebagai fungsi keupayaan individu untuk mengesan geobencana.

Kebanyakan kajian kemudah-terancam sebelum ini menerangkan perspektif ekonomi-politik dan mencadangkan struktur penyebab yang memberi perhatian kepada perbezaan impak sosial dan keupayaan untuk mengatasi krisis yang ada. Magnitud, tempoh, impak dan kekerapan bencana serta kepatutan bertindak terhadap keterbukaan telah dinyatakan oleh kebanyakan pengkaji sebelum ini. Secara umumnya, penyelidikan kemudah-terancam adalah berbeza dan pendefinisian bergantung kepada perbezaan pemahaman disiplin dan metodologi yang digunakan. Pengertian mengenai kemudah-terancam ini menyumbang kepada objektif jangka panjang untuk menentang dan mengurangkan geobencana pada kawasan yang mudah terancam, berisiko tinggi, mudah dipengaruhi dan sensitif kepada sebarang perubahan yang ekstrem.

Penilaian kemudah-terancam digunakan untuk menentukan potensi kemusnahan dan kehilangan nyawa daripada peristiwa semulajadi yang ekstrem (Cutter, 1996) khususnya geobencana. Perkara yang sangat penting dalam penilaian kemudah-terancam ialah mencadangkan alternatif pengurangan geobencana yakni mitigasi biasanya melibatkan pendekatan struktur kejuruteraan bagi mengurangkan kejadian geobencana (Clayton, 1994). Namun demikian, perkara yang jarang sekali diberi perhatian ialah punca yang mendasari peningkatan kemudah-terancam akibat peristiwa bencana (Cutter, 1996). Perancangan pembangunan harus dilakukan secara bersepadu dengan mengambilkira risiko dan kemudah-terancam geobencana. Pendekatan asas melibatkan perancangan kawalan berdasarkan peta bencana dan peta risiko (Pereira & Ibrahim Komoo, 1998).

Kerangka Konsep Kemudah-terancam Geobencana

Aspek pengurangan kemudah-terancam sudah banyak dikaji tetapi kekurangannya ialah pengkonsepkan kerangka kemudah-terancam secara menyeluruh (Cuny, 1983). Satu kerangka konsep yang menjelaskan tentang kemudah-terancam geobencana diperlukan untuk menggambarkan perkaitan antara geobencana dan kemudah-terancam secara lebih jelas. Kerangka konsep ini berguna untuk menggambarkan geoinдикator geobencana sebagai satu penunjuk amaran awal bagi kejadian geobencana. Selain itu, pembinaan kerangka konsep kemudah-terancam geobencana bertujuan untuk mengenalpasti elemen utama dan punca yang menyebabkan kemudah-terancam. Langkah perancangan kekentalan dan kecemasan serta potensi kemusnahan dan kehilangan juga dapat ditentukan. Melalui mekanisme mengatasi, pihak berkepentingan dan penglibatan agensi pelaksana dalam membuat keputusan dan undang-undang dapat dikenalpasti. Kerangka ini berguna untuk menentukan potensi kejadian geobencana, sistem keterbukaan manusia dan alam sekitar, respon saintifik dan respon perundangan, pihak berkepentingan, kemusnahan dan impak, serta kekentalan dan penyesuaian akibat kejadian geobencana. Kerangka konsep amat berguna untuk menjelaskan masalah yang relevan kepada geobencana berasaskan penunjuk lain di mana penilaian berkualiti tinggi yang sangat bermakna dapat dilakukan (Elliotte, 1996, Kasperson & Kasperson, 2001).

Geoindikator	Ukuran	Catatan
Bil. dan taburan kejadian banjir di dataran banjir	Peratus taburan kejadian banjir di dalam dan di luar dataran banjir	80% kejadian banjir dan banjir kilat berlaku dalam dataran banjir. Kejadian di luar dataran banjir berlaku pada jarak 10 km daripada dataran banjir
Kekerapan banjir per tahun	Bil. kejadian per tahun; 1.8 – 3.0 = Sangat tinggi 1.3 – 1.7 = Tinggi 0.9 – 1.2 = Sederhana 0.1 – 0.8 = Rendah	Kawasan yang sangat kerap dilanda banjir adalah Taman Sri Muda, Kg. Lombong, Kg. Jalan Kebun, Kg. Bukit Naga dan NKVE/Plaza Toi Shah Alam
Dataran banjir yang dibanjiri	Jumlah peratusan keluasan dataran banjir dibanjiri	Jumlah keluasan dataran banjir yang dibanjiri ialah 42.5 km ² (42.5% daripada keluasan dataran banjir)
	Keluasan kawasan yang dilanda banjir per tahun	Kawasan dataran banjir yang dilanda banjir telah meningkat sebanyak 3 kali ganda di antara tahun 1994 dan 1998
Taburan hujan	Purata hujan bulanan melebihi nilai ambang	Nilai ambang bagi hujan bulanan semasa Monsun Timur Laut adalah 210 mm.
	Purata hujan bulanan pada permulaan dan penghujung monsun	Kejadian banjir dan banjir kilat paling tinggi pada bulan Mac, Mei, November dan Disember
	Paras air sungai selepas hujan lebat. (paras waspada, paras amaran dan paras bahaya)	Stesen-stesen terletak di Puchong Drop, Taman Sri Muda dan Paya Jaras. Paras yang ditetapkan berbeza bagi setiap stesen
Perubahan gunatanah di dataran banjir	Peratus perubahan gunatanah	Peningkatan sebanyak 4.2% kawasan perbandaran dikaitkan dengan bilangan kejadian banjir yang tinggi pada tahun 1997

Jadual 1: Senarai semakan geoindikator banjir bandar untuk kajian kes di Shah Alam. (James Bachat, 2005).

Suatu kerangka konsep kemudah-terancaman geobencana telah dibangunkan, berdasarkan kepada pemahaman kemudah-terancaman oleh pengkaji terdahulu (Smith, 1992, Kasperson & Kasperson, 2001). Kerangka konsep tersebut menyepadukan isu-isu berhubung geobencana yang memerlukan penilaian daripada aspek kemudah-terancaman (Rajah 1). Kerangka konsep kemudah-terancaman geobencana yang dibangunkan berasaskan kepada rangkaian penyebab (*causal chain*). Proses semulajadi (RP1) menyebabkan kejadian geobencana akibat pencetus tabii atau buatan manusia (FP). Kejadian geobencana (RP2) seterusnya mempunyai potensi untuk mengganggu sistem keterbukaan manusia dan alam sekitar (RP3). Keterbukaan manusia menggambarkan pendedahan individu dan komuniti tertentu kepada geobencana manakala keterbukaan alam sekitar adalah pendedahan kawasan dan ekosistem tertentu kepada geobencana. Disini, mekanisme mengatasi diperlukan pada dua tahap (R1 dan R2). Mekanisme mengatasi bergantung sepenuhnya kepada kemampuan, keupayaan dan kecekapan mengatasi sama ada oleh individu, komuniti atau institusi yang berkepentingan. Semakin meningkat kemudah-terancaman dan keterbukaan maka kecekapan mengatasi juga harus ditingkatkan sebagai penentangan kepada kejadian geobencana.

Sekiranya mekanisme mengatasi tidak berupaya menentang kejadiangeobencana, maka ia akan membawa impak (RP4) negatif kepada sesuatu masyarakat dalam bentuk sosio-ekonomi dan kehilangan nyawa dalam kes ekstrem. Dengan ini, kekentalan (RP5) diperlukan dalam

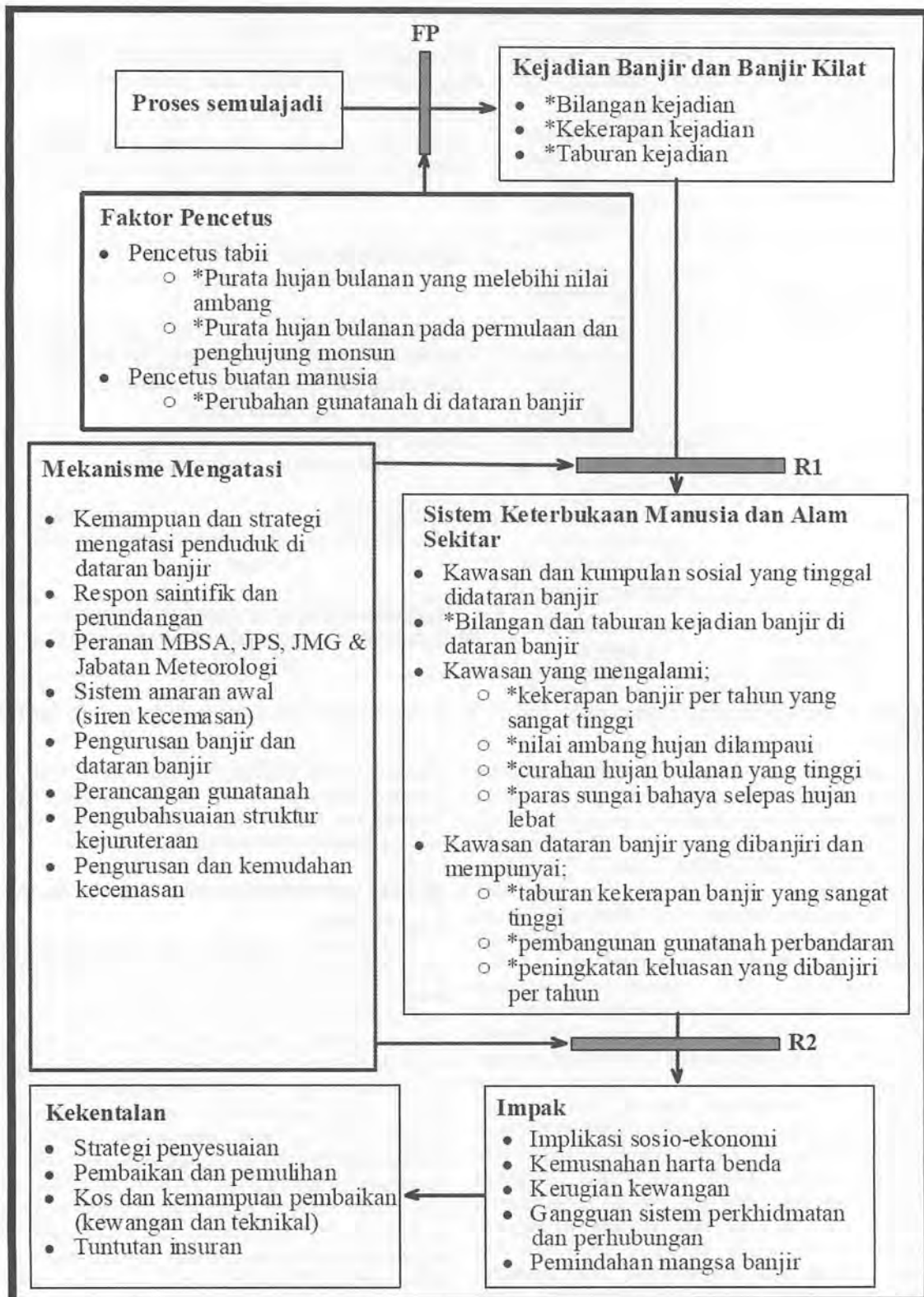
pelbagai bentuk. Sekiranya mekanisme mengatasi tidak berupaya untuk menentang kejadian geobencana, besar kemungkinan kekentalan sesuatu masyarakat juga lemah bagi menangani risiko dan impak geobencana.

BANJIR DAN BANJIR KILAT DI SHAH ALAM

Latarbelakang

Shah Alam ditadbirkan oleh Majlis Bandaraya Shah Alam (MBSA) dan dibatasi oleh garis latitud 02°59.5'U hingga 03°14'U dan garis longitud 101°26'T hingga 101°35.5'T dengan keluasan 290.3 km². Shah Alam terdiri daripada dataran lembah yang rendah dan rata hingga terain perbukitan yang mencecah sehingga ketinggian 220 m. Dataran banjir terletak di sepanjang tebing Sungai Klang dan Sungai Buloh dengan ketinggian tidak mencapai 40 m di mana kebanyakannya adalah di bawah 20 m daripada paras laut. Keluasan dataran banjir di Shah Alam adalah lebih kurang 100 km² iaitu 34% daripada keseluruhan kawasan Shah Alam. Dataran banjir secara semulajadinya mempunyai kecenderungan untuk mengalami banjir secara berkala. Dataran banjir di Shah Alam telah digunakan untuk kegiatan pertanian, petempatan dan perbandaran kerana keadaan topografinya yang rendah dan rata. Keadaan ini mendedahkan kawasan membangun kepada risiko banjir kilat.

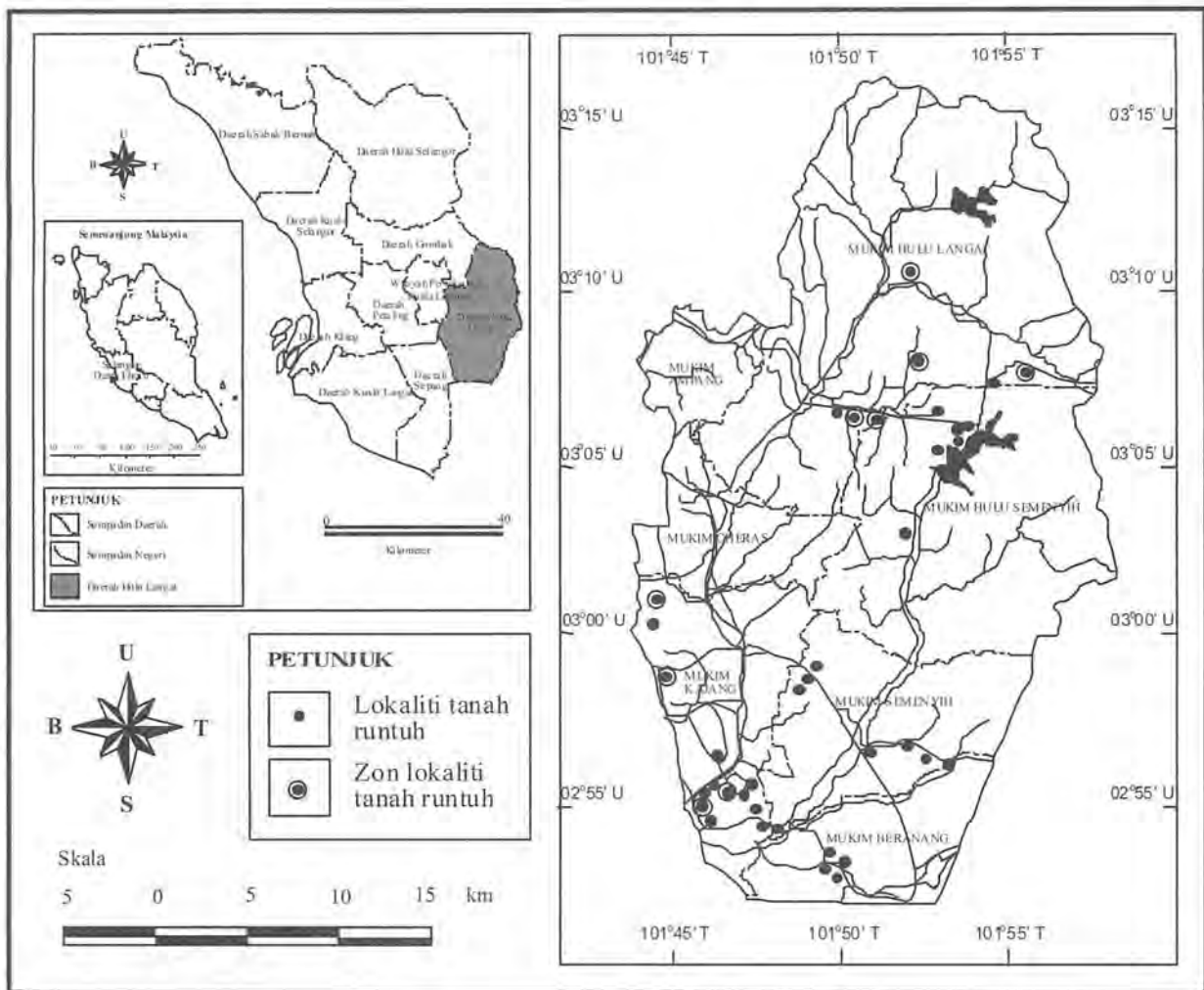
Kebanyakan petempatan penduduk dan kawasan perbandaran tertumpu di dataran banjir kerana faktor pembangunan (James Bachat *et al.*, 2004) dan ini meningkatkan risiko kemudah-terancaman penduduk kepada kejadian banjir dan banjir kilat. Terdapat 178 kejadian banjir dan banjir kilat dilaporkan berlaku sejak



Rajah 3: Kerangka konsep kemudah-terancangan banjir dan banjir kilat di Shah Alam. Geoindikator ditandakan dengan (*).

tahun 1990 hingga 1998 di Shah Alam dan melibatkan 34 kawasan. Taburan kejadian banjir dan kedudukan kawasan Shah Alam ditunjukkan dalam Rajah 2. Kebanyakan kawasan yang dibanjiri terletak dalam dataran banjir yang secara relatifnya adalah kawasan rendah berhampiran

dengan sungai, dan banjir sekurang-kurangnya berlaku sekali dalam tempoh masa yang tertentu. Peratus kejadian banjir di dataran banjir adalah 80% berbanding hanya 20% berlaku di luar dataran banjir. Kejadian banjir yang berlaku di luar dataran banjir adalah dalam lingkungan 10



Rajah 4: Kedudukan Hulu Langat dan taburan kejadian tanah runtuh.

km daripada dataran banjir namun ia berlaku di sepanjang sistem saliran yang utama.

Faktor gunatanah, dataran banjir, kekerapan banjir dan maklumat hujan merupakan parameter penting yang menggambarkan penunjuk kepada kejadian banjir dan banjir kilat (James Bachat *et al.*, 2004). Berdasarkan kepada James Bachat (2005), geoindikator banjir dan banjir kilat melibatkan bilangan dan taburan kejadian banjir di dataran banjir, kekerapan banjir per tahun, dataran banjir yang dibanjiri, taburan hujan dan perubahan gunatanah di dataran banjir (Jadual 1). Geoindikator tersebut berguna untuk pembangunan kerangka konsep mudah-terancam banjir dan banjir kilat bagi kegunaan penilaian mudah-terancam banjir dan banjir kilat di Shah Alam khususnya.

Kemudah-terancam Banjir dan Banjir Kilat

Geoindikator banjir dan banjir kilat telah dimasukkan ke dalam kerangka konsep mudah-terancam banjir dan banjir kilat bagi kawasan Shah Alam (Rajah 3). Geoindikator ini berguna sebagai ukuran bagi penilaian risiko mudah-terancam terhadap sistem interaksi manusia-alam sekitar di Shah Alam. Berdasarkan kepada kerangka konsep mudah-terancam banjir dan banjir kilat, geoindikator yang telah dikenalpasti sesuai

bagi menjelaskan mudah-terancam banjir dan banjir kilat. Geoindikator tersebut melibatkan iklim (taburan hujan), morfologi dataran banjir dan aktiviti gunatanah. Merujuk kepada sistem keterbukaan, kawasan dan komuniti yang menerima kekerapan banjir yang tinggi dan jumlah hujan yang tinggi lebih mudah terancam kepada banjir dan banjir kilat. Kawasan dan komuniti dalam dataran banjir lebih cenderung untuk dibanjiri kerana dataran banjir secara semulajadinya cenderung untuk mengalami kejadian banjir secara berkala. Aktiviti gunatanah perbandaran juga mempengaruhi taburan kejadian banjir di dalam kawasan bandar. Kejadian banjir menjadi lebih pesat sekiranya pembangunan dijalankan di dataran banjir. Oleh itu, mekanisme mengatasi banjir bergantung kepada keupayaan komuniti di Shah Alam terutamanya yang tinggal di dataran banjir serta penglibatan pihak yang berkepentingan. Kekentalan komuniti di Shah Alam terhadap mudah-terancam banjir dan banjir kilat bergantung sepenuhnya kepada strategi mengatasi yang diamalkan. Kekentalan mencirikan sama ada komuniti dapat menyesuaikan diri dengan kejadian banjir dan banjir kilat yang berlaku.

TANAH RUNTUH DI HULU LANGAT

Latarbelakang

Daerah Hulu Langat ditadbir oleh Majlis Perbandaran Kajang (MPKj) dan Majlis Daerah Hulu Langat (MDHL) dan dibatasi oleh garis latitud 02°52.1'U hingga 03°16.5'U dan garis longitud 101°43.3'T hingga 101°58.2'T serta meliputi kawasan seluas 826 km² yang terdiri daripada 7 mukim. Kebanyakan kawasan di Hulu Langat terdiri daripada perbukitan separa landai hingga topografi pergunungan yang mencapai ketinggian 1420 m daripada paras laut yang dicirikan oleh sifat geologinya. Seperti lazimnya, kejadian tanah runtuh berlaku akibat adanya ketinggian topografi dengan keadaan cerun curam. Selain itu, aspek geologi, geomorfologi dan litupan tanah juga mempunyai perkaitan yang rapat dengan tanah runtuh. Aktiviti pembangunan menyebabkan sifat lemah semulajadi batuan terdedah dan memudahkan untuk dipengaruhi oleh perubahan yang ekstrem dan mengalami kegagalan. Kejadian tanah runtuh cenderung untuk berlaku jika langkah pengawalan tidak dilakukan ke atas batuan yang terdedah tersebut.

Di antara Julai 1996 hingga Februari 1999, sebanyak 71 kejadian tanah runtuh dilaporkan berlaku di Hulu Langat (Rajah 4). Kebanyakan tanah runtuh berlaku di

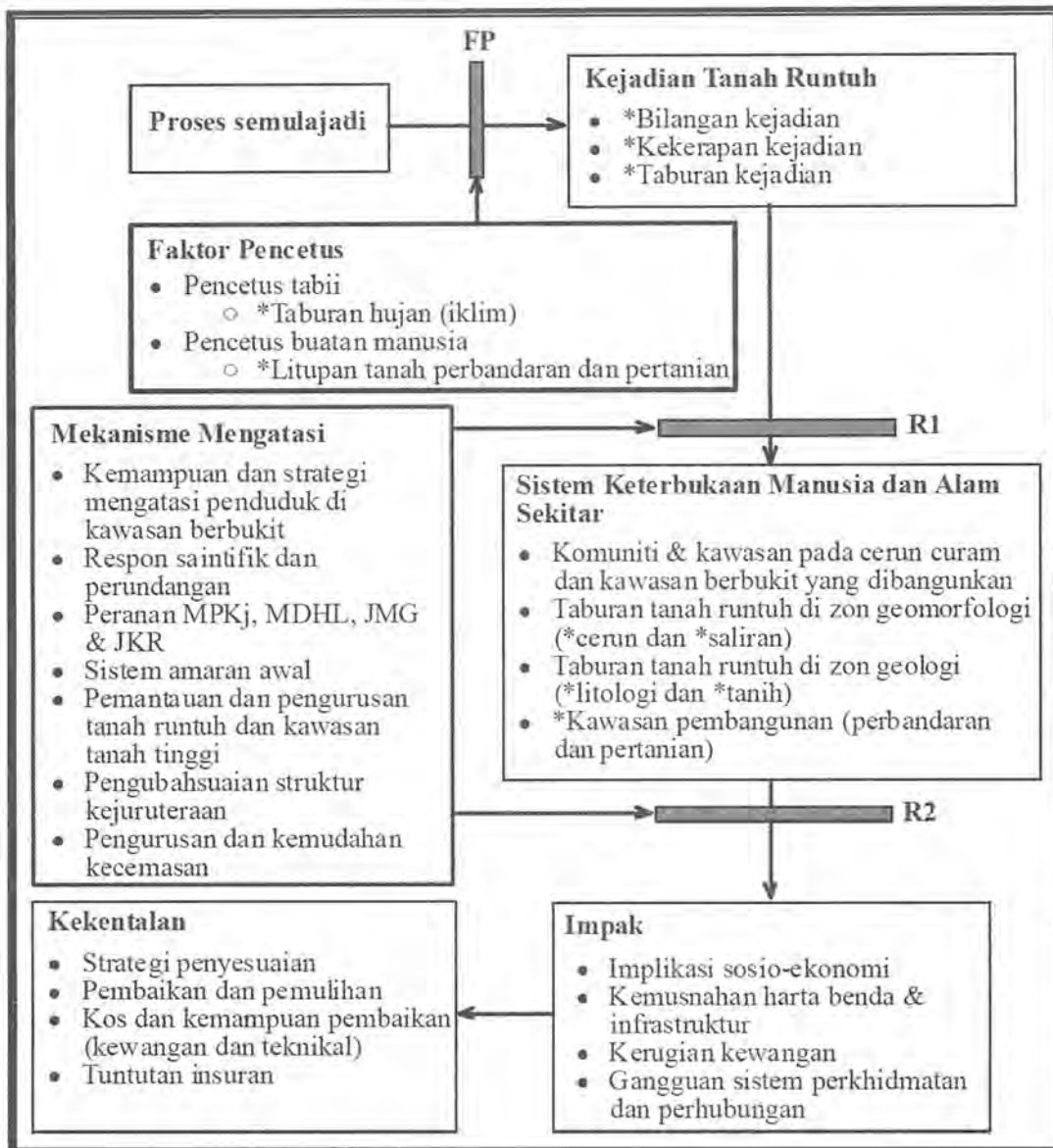
sepanjang tebing cerun jalan raya utama akibat aktiviti pemotongan cerun dan pembangunan perbandaran. Pengenalpastian geoindikator tanah runtuh adalah berdasarkan kepada analisis parameter-parameter fizikal yang berkait rapat dengan tanah runtuh dan telah diutamakan (James Bachat *et al.*, 2003). Berdasarkan kepada James Bachat (2005), geindikator tanah runtuh di Hulu Langat merupakan taburan tanah runtuh di zon litologi, tanih, cerun, saliran dan litupan tanah (Jadual 2).

Kemudah-terancangan Tanah Runtuh

Geoindikator tanah runtuh yang telah dikenalpasti, sesuai diaplikasikan untuk kawasan pembangunan terutamanya dalam zon yang mempunyai litologi yang terdedah, jenis tanih yang mudah terhakis, kecuraman cerun yang tinggi, ketumpatan saliran yang tinggi dan litupan tanah kawasan membangun dan pertanian. Berdasarkan maklumat ini, geindikator tanah runtuh tersebut telah dimasukkan ke dalam kerangka konsep kemudah-terancangan tanah runtuh bagi kawasan Hulu Langat (Rajah 5). Geoindikator ini berguna dalam kerangka konsep kemudah-terancangan tanah runtuh

Geoindikator	Ukuran	Catatan
Taburan tanah runtuh di zon litologi	Bilangan kejadian tanah runtuh per 10 km ² .	Kawasan yang kerap dilanda tanah runtuh ialah kawasan pematang kuarza dan syis. Lebih kurang 23% daripada kawasan kajian terdiri daripada litologi tersebut.
Taburan tanah runtuh di zon tanih	Bilangan kejadian tanah runtuh per 10 km ² . (Kegagalan lebih mudah berlaku dalam jenis tanih yang mempunyai kandungan lempung, Faktor Topografi serta kadar pasir kasar dan pasir halus yang tinggi)	Kawasan yang kerap dilanda tanah runtuh ialah kawasan Serdang-Kedah, Renggam-Jerangau dan Munchong-Seremban. Lebih kurang 39% daripada kawasan kajian terdiri daripada jenis tanih tersebut. Jenis tanih ini mengandungi peratusan lempung, Faktor Topografi serta kadar pasir kasar dan pasir halus yang tinggi.
Taburan tanah runtuh di zon cerun	Bilangan kejadian tanah runtuh per 10 km ² . > 63° = sangat tinggi 25° – 63° = tinggi 10° – 24° = sederhana 0° – 9° = rendah	Kawasan yang kerap dilanda tanah runtuh ialah kawasan kecuraman cerun sederhana dan tinggi. Lebih kurang 51% daripada kawasan kajian terdiri daripada kecuraman cerun tersebut.
Taburan tanah runtuh di zon saliran	Bilangan kejadian tanah runtuh per 10 km ² . > 0.0055 km/km ² = sangat tinggi 0.0040-0.0055 km/km ² = tinggi 0.0025-0.0040 km/km ² = sederhana 0.0010-0.0025 km/km ² = rendah < 0.0010 km/km ² = sangat rendah	Kawasan yang kerap dilanda tanah runtuh ialah kawasan ketumpatan saliran sangat tinggi dan tinggi. Lebih kurang 29% daripada kawasan kajian terdiri daripada ketumpatan saliran tersebut.
Taburan tanah runtuh di zon litupan tanah	Bilangan kejadian tanah runtuh per 10 km ² .	Kawasan yang kerap dilanda tanah runtuh ialah kawasan membangun dan pertanian. Lebih kurang 56% daripada kawasan kajian terdiri daripada litupan tanah tersebut.

Jadual 2: Senarai semakan geindikator tanah runtuh untuk kajian kes di Hulu Langat. (James Bachat, 2005).



Rajah 5: Kerangka konsep kemudah-terancaman tanah runtuh di Hulu Langat. Geoindikator ditandakan dengan (*).

sebagai ukuran bagi penilaian kemudah-terancaman akibat kejadian tanah runtuh.

Berdasarkan kepada kerangka konsep tersebut, geoindikator yang memainkan peranan penting dalam menggambarkan kemudah-terancaman tanah runtuh ialah aspek geologi (litologi dan tanih), geomorfologi (cerun dan saluran) dan litupan tanah. Sistem keterbukaan manusia dan alam sekitar melibatkan kawasan dan komuniti yang terancam khususnya yang terletak di terain tanah tinggi dengan keadaan cerun curam dan topografi yang tinggi. Kawasan yang mudah terancam adalah kawasan yang mempunyai kecuraman cerun dan ketumpatan saluran yang tinggi seperti lazimnya. Aktiviti pembangunan yang dijalankan akan mendedahkan batuan dan menonjolkan kesensitifan dan sifat lemah semulajadi batuan. Keadaan ini menjadikan jasad batuan tersebut cenderung untuk mengalami kegagalan. Mekanisme mengatasi tanah runtuh bergantung kepada keupayaan dan

kemampuan komuniti di Hulu Langat terutamanya yang tinggal di kawasan tanah tinggi selain penglibatan pihak yang berkepentingan.

ISU DAN CABARAN

Terdapat beberapa cabaran dalam menangani isu kemudah-terancaman geobencana dan ianya berkaitan dengan aspek perancangan dan pengurusan tanah untuk pembangunan. Di antara cabaran tersebut adalah keperluan maklumat dalam bentuk peta serta peranan institusi pentadbir. Selain itu, keperluan respon saintifik, perundangan dan dasar bagi mengatur langkah pengawalan yang berkesan juga merupakan satu cabaran besar. Peta diperlukan bagi membantu usaha perancangan dan mitigasi. Antaranya ialah peta yang menunjukkan taburan geobencana, hujan, gunatanah, dataran banjir, ketinggian topografi, geologi, lineamen, jenis tanih,

kecuraman cerun, ketumpatan saliran, litupan tanah, terain dan peta berkaitan taburan penduduk, kegiatan ekonomi dan kawasan tumpuan. Penilaian biasanya melibatkan corak taburan kependudukan, infrastruktur, kawasan pengeluaran ekonomi dan kawasan yang cenderung mengalami geobencana. Kawasan yang berisiko tinggi ini dipetakan untuk menggambarkan risiko teknologi dan biofizikal terhadap penunjuk yang mudah terancam ini. Pendekatan pemetaan risiko bertujuan untuk membekalkan amaran awal yang diperlukan dalam proses pemantauan, pengurusan dan perancangan kemudah-terancam geobencana. Penilaian kemudah-terancam merujuk kepada persekitaran geomorfologi yang menentukan corak dan potensi taburan geobencana tertentu. Penilaian banjir melibatkan taburan morfologi dataran banjir manakala penilaian tanah runtuh memberi tumpuan kepada terain tanah tinggi dengan keadaan cerun yang curam.

Penilaian mengenai keselamatan manusia melibatkan keupayaan institusi-institusi yang bertanggungjawab untuk memberikan respon terhadap geobencana. Lazimnya, kemampuan untuk menentang adalah rendah dan selalunya menjadi lemah jika kemudah-terancam geobencana semakin meningkat. Pihak pentadbir memainkan peranan penting dalam mengatasi dan mengurus kemudah-terancam geobencana iaitu melalui dasar-dasar perancangan dan pembangunan yang dilaksanakan. Majlis Bandaraya Shah Alam (MBSA) merupakan institusi pentadbir bagi kawasan Shah Alam manakala Majlis Perbandaran Kajang (MPKj) dan Majlis Daerah Hulu Langat (MDHL) adalah pentadbir kawasan Hulu Langat. Justeru itu, pihak pentadbir perlu mendapatkan kerjasama daripada agensi teknikal bagi mendapatkan maklumat-maklumat saintifik berkenaan geoindikator, geobencana dan kemudah-terancam. Antara institusi kerajaan yang bertindak sebagai agensi teknikal ialah Jabatan Mineral dan Geosains (JMG), Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS), Jabatan Kerja Raya (JKR) dan Jabatan Meteorologi. Agensi teknikal ini perlu memberi perhatian kepada penunjuk keterbukaan termasuklah geoindikator geobencana selain aspek fizikal lain. Bagi menyelaraskan fungsi institusi, pihak-pihak yang berkepentingan perlu menjalankan kerjasama yang lebih proaktif. Misalnya, MPKj dan MDHL perlu melaksanakan kerjasama pintar untuk memudahkan proses perancangan dan pengurusan geobencana.

Potensi kejadian geobencana selalunya melibatkan keterbukaan yang dipengaruhi oleh taburan demografi dan penunjuk kemudah-terancam manusia dan biofizikal. Respon saintifik dan perundangan diperlukan dalam penilaian kemudah-terancam geobencana. Respon ini melibatkan tindakan-tindakan pengawalan, keperluan penyelidikan, pembaikpulihan, keperluan perancangan bersepadu dan pengurusan berkesan serta penggabalan undang-undang dan dasar. Secara umumnya, aspek-aspek yang perlu diberikan perhatian ialah kawasan dan komuniti yang terancam, kawasan yang mudah dipengaruhi, kecekapan dan keupayaan mekanisme mengatasi, pembaikan dan pemulihan, kekentalan dan penyesuaian, tindakan dan penggubalan dasar, dan langkah pengawalan yang efektif.

KESIMPULAN

Berdasarkan kajian kes banjir dan banjir kilat di Shah Alam dan tanah runtuh di Hulu Langat, geoindikator geobencana telah diserapkan ke dalam kerangka konsep kemudah-terancam bagi memudahkan penilaian kemudah-terancam dan potensi geobencana di kawasan yang terbuka dan mudah terancam. Faktor gunatanah, dataran banjir, kekerapan banjir dan maklumat hujan merupakan geoindikator yang sesuai bagi kejadian banjir dan banjir kilat manakala faktor geologi (litologi dan jenis tanah), geomorfologi (saliran dan cerun) serta litupan tanah merupakan geoindikator yang berkaitan tanah runtuh. Geoindikator geobencana diperlukan dalam pembangunan kerangka konsep kemudah-terancam bagi membekalkan amaran kepada kejadian geobencana tertentu. Pemahaman mengenai kemudah-terancam geobencana secara lebih menyeluruh menyumbang kepada amalan strategi mengatasi dan perundangan bagi mengurangkan kejadian geobencana di kawasan yang mudah terancam, berisiko tinggi, mudah dipengaruhi dan cenderung mengalami geobencana.

PENGHARGAAN

Penyelidikan ini telah dibiayai oleh geran IRPA 08-02-02-0040 bagi menjalankan projek 'Geoindicators for Sustainable Urban Management'. Kami ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada pihak Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar, Institut Alam Sekitar dan Pembangunan (LESTARI), Universiti Kebangsaan Malaysia dan GeoMapping Technology Sdn. Bhd. atas bantuan pelbagai segi.

RUJUKAN

- ABDUL SAMAD HADI, 2000. Kemerostan kualiti persekitaran dan persoalan kemudah-terancam manusia. *In: Jamaluddin Md. Jahi (Ed.), Pengurusan persekitaran di Malaysia: isu dan cabaran.* Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, 190-210.
- BERGER, A. R., 1996. The geoindicator concept and its application: an introduction. *In: Berger, A. R. and Iams, W. J. (Eds.), Geoindicators: assessing rapid environmental changes in earth systems.* Balkema, Rotterdam, 1-14.
- BERGER, A. R., 1997. Assessing rapid environmental changes using geoindicators. *Environmental Geology* 32, 36 – 44.
- BERGER, A. R., 1998. Environmental change, geoindicators and the autonomy of nature. *GSA Today* January 1998, 3-8.
- BOGARD, W. C., 1989. Bringing social theory to hazards research: conditions and consequences of the mitigation of environmental hazards. *Sociological Perspectives* 31, 147-168
- BOHLE, H. G., DOWNING, T. E. AND WATTS, M. J., 1994. Climate change and social vulnerability: the sociology and geography of food insecurity. *Global Environmental Change* 4, 37-48.
- CLAYTON, A., 1994. Protecting vulnerable communities. *Disaster* 18, 89-90.
- CUNY, F. C., 1983. *Disasters and development.* Oxford University Press, New York.

- CUTTER, S. L., 1996. Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography* 20(4), 529-539.
- ELLIOTTE, D. C., 1996. A conceptual framework for geoenvironmental indicators. In: Berger, A. R. and Iams, W. J. (Eds.), *Geoindicators: assessing rapid environmental changes in earth systems*. Balkema, Rotterdam, 337-349.
- JAMES BACHAT, PEREIRA, J. J., AND IBRAHIM KOMOO, 2003. Geoindikator tanah runtuh di kawasan pembangunan: kajian kes di Daerah Hulu Langat. In: The, G. H., Alex Unya Ambun, Askury Abd. Kadir and Ng, T. F. (Eds.), *Bull. Of the Geological Society of Malaysia – Annual Geological Conference 2003*. Geological Society of Malaysia, Kuala Lumpur, 187-191.
- JAMES BACHAT, PEREIRA, J. J., AND IBRAHIM KOMOO, 2004. Geoindikator untuk pengurusan banjir bandar: kajian kes Shah Alam. In: A. Latiff, Pereira, J. J., A. Hezri and A. A. Aldrie (Eds.), *Indicators of sustainable development: assessing changes in environmental conditions*. Institute for Environment and Development (LESTARI), Bangi, 199-212.
- JAMES BACHAT, 2005. Geoindikator geobencana bandar untuk perancangan Lembah Klang: kajian kes Shah Alam dan Hulu Langat. Tesis Sarjana Sains, Universiti Kebangsaan Malaysia. (Unpubl.).
- KASPERSON, J. X. AND KASPERSON, R. E., 2001. A workshop summary. International workshop on vulnerability and global environmental change. Stockholm Environment Institute (SEI), Stockholm, 17-19 Mei.
- KATES, R. W., 1985. The interaction of climate and society. In: Kates, R. W., Ausubel, J. H. and Berberian, M. (Eds.), *Climate Impact Assessment SCOPE 27*. Wiley, New York, 3-36.
- MITCHELL, J. K., 1989. Hazards research. In: Gaile, G. L. and Willmott, C. J. (Eds.), *Geography in America*. Merrill, Columbus, 410-424.
- PEREIRA, J. J. AND IBRAHIM KOMOO, 1998. Using geological information as planning tools for urban areas: the case of Klang Valley, Malaysia. In: Moore, D. P. and Hungr, O. (Eds.), *Engineering Geology: a global view from the Pacific Rim*. Balkema, Rotterdam, 2573-2578.
- SMITH, K., 1992. *Environmental hazards: assessing risk and reducing disaster*. Routledge, London.
- TIMMERMAN, P., 1981. *Vulnerability, resilience and the collapse of society*. Institute for Environmental Studies, Toronto.
- TURNER, B. L., KASPERSON, R. E., MATSON, P. A., MCCARTHY, J. J., CORELL, R. W., CHRISTENSEN, L., ECKLEY, N., KASPERSON, J. X., LUERS, A., MARTELLO, M. L., POLSKY, C., PULSIPHER, A. AND SCHILLER, A., 2003. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100(14), 8074-8079.
- WATTS, M. AND BOHLE, H. G., 1993. The space of vulnerability: the causal structure of hunger and famine. *Progress in Human Geography* 17, 43-67.

Manuscript received 21 February 2006