

Geoindikator tanah runtuh di kawasan pembangunan: kajian kes di Daerah Hulu Langat

JAMES BACHAT, JOY JACQUELINE PEREIRA DAN IBRAHIM KOMOO

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

Abstrak: Kajian ini memperkenalkan geoindikator untuk penilaian tanah runtuh di Daerah Hulu Langat. Parameter fizikal yang berkait rapat dengan kejadian tanah runtuh telah dikenalpasti dan dibincangkan dalam konteks kesesuaiannya sebagai geoindikator. Parameter tersebut ialah litologi, kecuraman cerun, ketumpatan saliran, litupan tanah dan ketumpatan lineamen. Setiap satu daripada parameter ini telah dibahagikan kepada beberapa kelas dan berdasarkan kepada nilai ini, taburan, bilangan dan kekerapan tanah runtuh telah ditentukan. Hasil awalan mendapati bahawa kedua-dua bilangan dan kekerapan tanah runtuh merupakan geoindikator yang sesuai dikaitkan dengan parameter litologi, kecuraman cerun, ketumpatan saliran dan litupan tanah, manakala ketumpatan lineamen tidak sesuai sebagai geoindikator tanah runtuh.

Abstract: The paper focuses on the identification of potential geoindicators for the assessment of landslides in the District of Hulu Langat. Physical parameters related to landslide occurrences are identified and discussed within the context of their suitability as geoindicators. The parameters are lithology, slope gradient, drainage density, land cover and lineament density. Each parameter is divided into several classes where the number and frequency of landslides in each class was determined. Preliminary results indicate that both the number and frequency of landslides are useful geoindicators for parameters such as lithology, slope gradient, drainage density and land cover while lineament density has not yielded useful landslide geoindicators.

PENGENALAN

Isu geobencana sememangnya sudah lama dikenalpasti di Malaysia. Antara geobencana yang berlaku di Malaysia ialah tanah runtuh. Tanah runtuh didefinisikan sebagai pergerakan ke arah bawah yang melibatkan jisim bahan bumi, batuan atau gabungan kedua-duanya, yang mana dapat dilihat dan dicerap (Sharpe, 1968). Tanah runtuh boleh berlaku bila adanya kecuraman cerun pada satu-satu kawasan terutamanya di terain perbukitan dan pergunungan.

Keprihatinan mengenai tanah runtuh masih lagi kurang memandangkan kejadiannya masih tetap berlaku di negara kita. Risikonya semakin bertambah di kawasan bandar akibat desakan pembangunan. Seperti kelazimannya, kawasan tanah tinggi merupakan kawasan yang berisiko kepada tanah runtuh jika dimajukan. Namun demikian, pembangunan terus dijalankan di kawasan tanah tinggi walaupun melebihi keupayaan tampung tanah tinggi tersebut. Terain tanah tinggi merupakan terain yang sensitif secara semulajadinya. Pembangunan berlebihan bukan sahaja memungkinkan tanah runtuh malah menyebabkan hakisan tanah, pemendapan sungai dan perlodakan.

Geoindikator ditakrifkan sebagai ukuran proses dan fenomena geologi (magnitud, kekerapan, kadar dan arah) yang berlaku dekat atau pada permukaan Bumi dalam tempoh kurang dari 100 tahun dan ia boleh membekalkan maklumat tentang perubahan alam sekitar dan maklumat berguna untuk penilaian alam sekitar (Berger & Iams, 1996). Sebanyak 27 proses dan fenomena geologi telah dikenalpasti dan ia digunakan untuk menilai perubahan sekitaran abiotik

hingga landskap (Berger, 2002). Antara proses dan parameter yang mungkin berubah di iklim tropika dan boleh dijadikan sebagai geoindikator ialah hakisan tanah oleh aliran permukaan dan pergerakan jisim sama ada berkaitan dengan aktiviti manusia atau tidak, dan kadar kegagalan cerun dan amaran potensi kegagalan (Coltrinari, 1996). Penunjuk kepada tanah runtuh yang telah dicadangkan setakat ini ialah pergerakan formasi batuan, kestabilan cerun, pergerakan jisim dan pemindahan permukaan (Graniczny, 2001; Berger, 2002). Geoindikator tanah runtuh ini boleh diaplikasikan di persekitaran bandar kerana ia membekalkan amaran kepada bencana semulajadi katastropik dan ia membekalkan penilaian tepat perubahan geologi di persekitaran bandar yang berlaku secara semulajadi dan antropogenik (McCall, 1996).

Namun demikian, terdapat beberapa kelemahan di dalam penyelidikan geoindikator tanah runtuh semasa. Kebanyakan penyelidikan lebih tertumpu kepada iklim sederhana dan kurang maklumat mengenai iklim tropika lembap. Justeru itu, kesesuaian geoindikator belum diuji sepenuhnya di terain tropika. Kertas kerja ini memberi penerangan ringkas mengenai kaedah untuk memperolehi geoindikator berasaskan maklumat litologi, topografi, sistem saliran, litupan tanah dan lineamen di terain tropika. Kajian ini ditumpukan di kawasan pesat membangun. Oleh itu, hasil yang dijangkakan akan menggambarkan situasi tanah runtuh akibat proses pembangunan. Hasil awalan yang diperolehi melalui kajian kes di Daerah Hulu Langat dibincang dalam konteks kegunaannya untuk penilaian risiko tanah runtuh.

TANAH RUNTUH DI HULU LANGAT

Daerah Hulu Langat, Selangor yang meliputi kawasan seluas 826 km², telah dipilih sebagai kawasan kajian tanah runtuh ini kerana mengambilkira faktor persekitaran tanah tinggi dan terain berbukit yang sedang mengalami pembangunan yang pesat. Daerah Hulu Langat merupakan kawasan pentadbiran dan perancangan yang mempunyai tujuh mukim iaitu Mukim Kajang, Cheras, Ampang, Hulu Langat, Hulu Semenyih, Semenyih dan Beranang. Dari segi geografinya, Daerah Hulu Langat terletak di dalam Lembangan Sungai Langat yang terdiri dari dua sistem sungai yang utama iaitu Sungai Langat dan Sungai Semenyih, kecuali Mukim Ampang yang terletak dalam Lembangan Sungai Klang. Kebanyakan petempatan tertumpu di dataran rendah. Hulu Langat juga mempunyai jaringan sistem pengangkutan yang semakin berkembang pesat dan ini menggalakkan taburan kawasan membangun. Pertumbuhan projek pembangunan dan rangkaian pengangkutan mempercepatkan lagi perkembangan kawasan bandar di Hulu Langat.

Di antara Julai 1996 hingga Februari 1999, sebanyak 71 kejadian tanah runtuh telah dilaporkan (James Bachat, 1999; Lim, 1999). Analisis data tersebut menunjukkan bahawa 46 tanah runtuh berisipadu kecil (<50 m³), 13 tanah runtuh berisipadu sederhana (50-100 m³) dan 12 tanah runtuh berisipadu besar (>100 m³). Daripada jumlah itu, sebanyak 30 kejadian tanah runtuh berlaku di Mukim Kajang diikuti oleh Mukim Hulu Langat dengan 23 kejadian tanah runtuh. Mukim Semenyih dan Hulu Semenyih pula dilaporkan masing-masing mengalami tujuh dan enam kejadian tanah runtuh. Mukim Beranang hanya mengalami lima kejadian tanah runtuh manakala Mukim Cheras dan Ampang tidak dilaporkan mengalami kejadian tanah runtuh untuk tempoh tersebut. Didapati bahawa, kebanyakan tanah runtuh yang berlaku adalah terletak di tebing cerun jalan-jalan raya utama akibat tiadanya langkah pencegahan dilakukan pada dinding cerun tersebut. Secara umumnya, taburan tanah runtuh ini sangat dipengaruhi oleh aktiviti pembangunan di satu-satu kawasan terutamanya yang melibatkan penggondolan bukit dan pemoangan cerun.

KAEDAH KAJIAN

Maklumat-maklumat mengenai rekod tanah runtuh lampau sangat diperlukan di dalam menentukan taburan tanah runtuh setiap tahun. Walau bagaimanapun, wujud limitasi untuk mendapatkan data tanah runtuh kerana rekod yang amat terhad khususnya di Hulu Langat. Ini adalah kerana untuk menggambarkan sesuatu perubahan, perlu mengambilkira kebolehdapatan data yang berterusan untuk menentukan tren tanah runtuh sepanjang masa. Namun demikian, data yang diperolehi telah dianalisis bagi tujuan memperolehi geoindikator yang boleh digunapakai untuk tanah runtuh.

Meninjau dari perspektif tropika lembap, hujan dianggap sebagai faktor pencetus yang utama kepada

kejadian tanah runtuh dan umumnya akan berlaku akibat berat secara semulajadi. Selain daripada curahan hujan lebat bertempoh sebagai faktor semulajadi, terdapat beberapa parameter fizikal yang menyumbang kepada kejadian tanah runtuh. Parameter-parameter tersebut ialah litologi, kecuraman cerun, ketumpatan saliran, litupan tanah dan ketumpatan lineamen. Dari segi litologi, fitur-fitur yang terdapat dalam sesuatu jasad batuan memainkan peranan penting dalam aspek ketakstabilan cerun. Antaranya ialah seperti kekar, sesar, satah foliasi, perlapisan, lipatan dan profil luluhawa yang tebal. Kehadiran fitur tersebut di dalam batuan yang terdedah boleh menyebabkan sesuatu jasad batuan gagal.

Kecuraman cerun dinilai dengan membahagikan ketinggian topografi dengan jarak mendatar di antara dua julat topografi tersebut. Kecuraman yang tinggi adalah lebih terdedah kepada tanah runtuh kerana cerunnya yang curam. Ketumpatan saliran (panjang sungai per km² per unit kawasan) penting sebagai penunjuk keupayaan legeh untuk memindahkan komponen tertentu seperti kayu, air dan sedimen ke sistem sungai. Ketumpatan saliran yang tinggi menyebabkan bahan tersebut dibawa dengan lebih pesat ke dalam sistem saliran. Litupan tanah melindungi tanah dari tindakan proses hakisan dan larian air permukaan. Tanah akan terhakis apabila tidak diliputi atau hanya diliputi dengan 5-10% litupan tanah (Evans, 1990). Ketumpatan lineamen dapat mempertingkatkan tindakan luluhawa terhadap batuan. Lineamen tersebut ialah seperti rekahan, kekar dan sesar. Perlarutan dan proses pengoksidaan akan berlaku di sepanjang satah ketakselanjaran tersebut dan mendedahkannya kepada ketidakstabilan cerun.

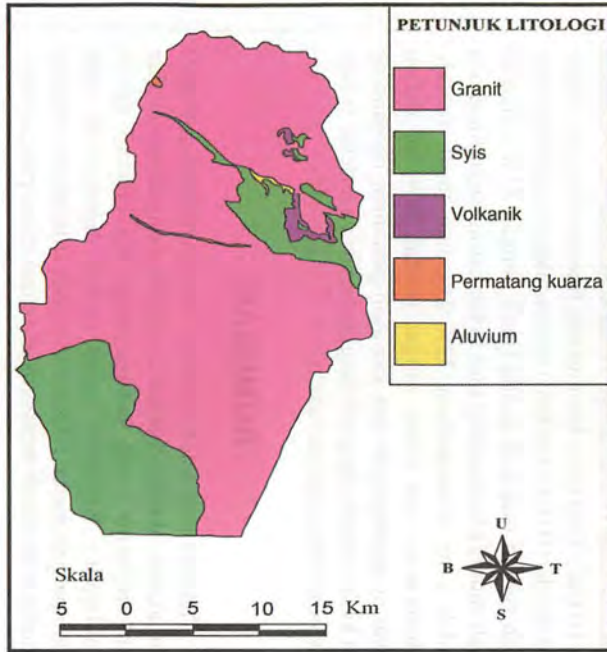
Setiap parameter yang berkaitan dengan tanah runtuh telah dibahagikan kepada unit kelas tertentu. Pengelasan ketumpatan lineamen, kecuraman cerun dan ketumpatan saliran adalah berdasarkan kepada Khairul Anam (1999). Bilangan tanah runtuh dan kekerapan kejadian tanah runtuh di setiap unit kelas parameter telah dikaji. Kaedah analisis adalah berdasarkan penyilangan setiap data spatial tanah runtuh dengan unit kelas parameter. Data tanah runtuh di Hulu Langat ditindihkan dengan setiap parameter untuk mendapatkan nilai kekerapan tanah runtuh di setiap unit kelas parameter.

GEOINDIKATOR TANAH RUNTUH: CADANGAN AWALAN

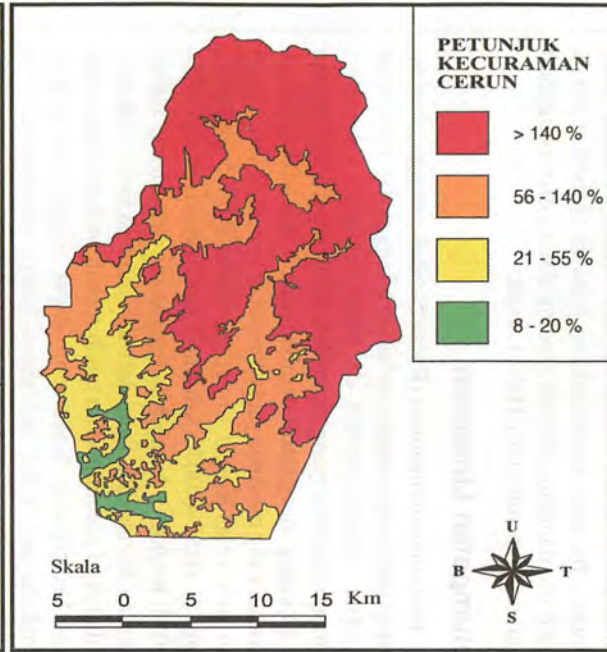
Bilangan tanah runtuh dan kekerapan tanah runtuh di setiap unit kelas parameter ditunjukkan dalam Jadual 1. Kekerapan tanah runtuh ialah bilangan tanah runtuh per 10 km² dalam setiap unit kelas parameter.

Litologi

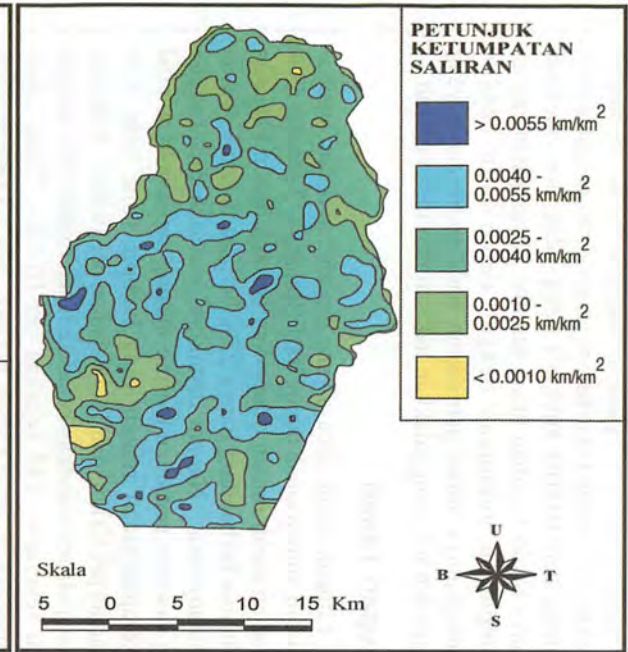
Litologi di Hulu Langat terdiri daripada granit, syis, batuan vulkanik, permatang kuarza dan aluvium (Rajah 1). Bilangan kejadian tanah runtuh adalah paling tinggi di kawasan syis dan granit yang masing-masing mengalami 47% dan 42% kejadian tanah runtuh. Bilangan tanah runtuh



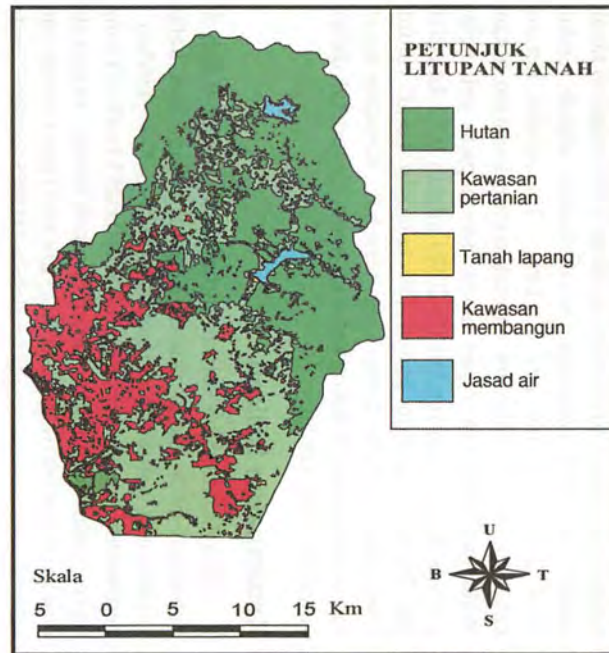
Rajah 1. Litologi di Hulu Langat.



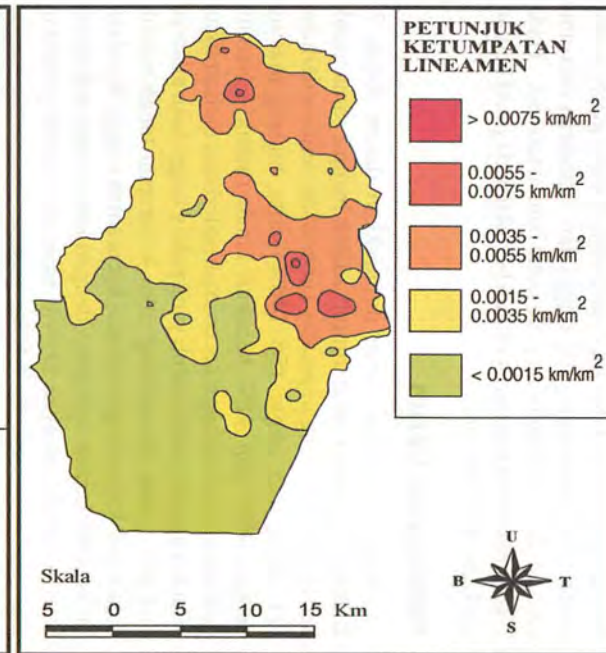
Rajah 2. Kecuraman cerun di Hulu Langat.



Rajah 3. Ketumpatan saliran di Hulu Langat.



Rajah 4. Litupan tanah tahun 2001 di Hulu Langat.



Rajah 5. Ketumpatan lineamen di Hulu Langat.

adalah kecil pada jasad permatang kuarza iaitu hanya 11%. Namun demikian, nilai kekerapan tanah runtuh adalah tinggi pada jasad permatang kuarza iaitu 33.61 kejadian per 10 km² berbanding syis yang mempunyai nilai kekerapan 1.84 kejadian per 10 km² dan granit dengan nilai kekerapan 0.50 kejadian per 10 km². Ini adalah kerana permatang tersebut telah dipotong untuk pembinaan jalanraya dan berkeadaan curam. Oleh kerana terdedah, ia lebih mudah untuk mengalami kegagalan. Kegagalan syis adalah akibat dipengaruhi oleh faktor satah foliasi yang lemah dan jasad batuan syis gagal akibat telah terdedah. Granit gagal akibat sudut cerun potongan yang tinggi dan kehadiran unit-unit retakan dan ketaslanjarian pada jasad batuan tersebut. Tiada rekod menunjukkan tanah runtuh berlaku pada jasad batuan volkano dan aluvium.

Kecuraman Cerun

Peta kecuraman cerun ditunjukkan dalam Rajah 2. Bilangan kejadian tanah runtuh adalah hampir sama untuk kedua-dua unit dengan peratus kecuraman cerun sederhana (21–55%) dan tinggi (56–140%) iaitu masing-masing dengan 40% dan 41% kejadian tanah runtuh. Namun demikian, cerun dengan kecuraman sederhana mencatatkan nilai kekerapan tanah runtuh yang paling tinggi iaitu nilainya dua kali ganda berbanding nilai kekerapan tanah runtuh dalam unit kelas dengan peratus kecuraman tinggi. Keadaan ini berlaku kerana unit kelas dengan kecuraman sederhana banyak terlibat dengan aktiviti manusia seperti pertanian dan pembangunan. Unit kelas peratus kecuraman sangat tinggi (melebihi 140%) menunjukkan 18% kejadian tanah runtuh dan nilai kekerapan tanah runtuh adalah rendah iaitu 0.36 kejadian per 10 km². Ini adalah kerana kebanyakan unit kelas ini terletak dalam kawasan hutan. Walaupun nilai kekerapan tanah runtuh pada unit kelas peratus kecuraman rendah (8–20%) adalah 0.53 kejadian per 10 km², namun hanya 1% kejadian tanah runtuh direkodkan berlaku dalam kelas tersebut. Kejadian tanah runtuh adalah kecil dalam kelas ini kerana ia terletak dalam kawasan yang landai.

Ketumpatan Saliran

Peta ketumpatan saliran ditunjukkan dalam Rajah 3. Sebanyak 56% tanah runtuh berlaku dalam unit kelas ketumpatan saliran sederhana (0.0025–0.0040 km/km²) berbanding unit kelas tinggi (0.0040–0.0055 km/km²) yang hanya merekodkan 30% kejadian tanah runtuh, manakala unit kelas rendah (0.0010–0.0025 km/km²) dan ketumpatan saliran yang sangat tinggi (melebihi 0.0055 km/km²) pula masing-masing merekodkan 13% dan 1% kejadian tanah runtuh. Kejadian tanah runtuh adalah tinggi pada unit kelas sederhana dan tinggi kerana kawasan ini terletak dalam kawasan perbukitan sederhana curam dan pergunungan sederhana curam iaitu dengan kecuraman cerun yang sederhana dan tinggi. Ketumpatan saliran yang sangat tinggi mengalami kejadian tanah runtuh yang rendah kerana ia terletak di kawasan landai dan berhampiran dengan sungai. Walaupun demikian, tren menunjukkan bahawa

kekerapan tanah runtuh pada semua unit kelas adalah hampir sama kecuali untuk kelas ketumpatan saliran sangat rendah (kurang dari 0.0010 km/km²) yang tidak menunjukkan adanya rekod kejadian tanah runtuh. Ketumpatan saliran mempunyai hubungan dengan cerun iaitu dengan meningkatnya aliran permukaan pada sudut cerun yang tinggi dan ini menggalakkan hakisan dan tanah runtuh.

Litupan Tanah

Litupan tanah semasa yang diperlukan dalam analisis ini ialah litupan tanah tahun 2001 (Rajah 4). Terdapat 55% kejadian tanah runtuh dilaporkan berlaku dalam kawasan pertanian berbanding hanya 25% berlaku dalam kawasan pembangunan. Namun demikian, kawasan membangun dan kawasan pertanian masing-masing menunjukkan nilai kekerapan tanah runtuh yang hampir sama iaitu 1.36 kejadian per 10 km² dan 1.24 kejadian per 10 km². Kawasan hutan pula mencatatkan kejadian tanah runtuh 20% dengan nilai kekerapan 0.43 kejadian per 10 km². Tiada rekod menunjukkan tanah runtuh berlaku dalam kawasan yang terbuka. Ini jelas menunjukkan bahawa aktiviti manusia sangat memainkan peranan penting dalam mempengaruhi taburan tanah runtuh di Hulu Langat.

Ketumpatan Lineamen

Ketumpatan lineamen (Rajah 5) tidak menggambarkan dengan jelas pengaruhnya terhadap bilangan dan kekerapan kejadian tanah runtuh di Hulu Langat. Analisis menunjukkan tren yang diperolehi tidak seperti di kawasan yang kurang mengalami pembangunan. Ini adalah kerana kawasan yang mempunyai ketumpatan lineamen yang tinggi iaitu unit kelas sangat tinggi (melebihi 0.0075 km/km²), tinggi (0.0055–0.0075 km/km²) dan sederhana (0.0035–0.0055 km/km²) hampir kebanyakannya terletak dalam kawasan hutan dan jauh dari kawasan aktiviti manusia. Tiada rekod menunjukkan tanah runtuh berlaku dalam unit kelas ketumpatan lineamen sangat tinggi dan tinggi, manakala unit kelas sederhana hanya mencatatkan 7% kejadian tanah runtuh dengan nilai kekerapan 0.32 kejadian per 10 km². Unit kelas ketumpatan lineamen sangat rendah (kurang dari 0.0015 km/km²) menunjukkan nilai kekerapan tanah runtuh dua kali ganda (iaitu dengan 61% kejadian tanah runtuh) berbanding unit kelas ketumpatan lineamen rendah yang mencatatkan 32% kejadian tanah runtuh. Kebanyakan unit kelas sangat rendah terletak dalam kawasan membangun dan kawasan pertanian berbanding unit kelas rendah yang sebahagian besarnya terletak dalam kawasan hutan dan pertanian.

RUMUSAN

Tanah runtuh boleh berlaku sama ada secara semulajadi atau akibat aktiviti manusia seperti penyahutanan dan pembangunan yang mengganggu kestabilan cerun semulajadi. Kejadian tanah runtuh dipengaruhi oleh beberapa parameter fizikal. Analisis dilakukan terhadap parameter ini untuk menentukan sejauh mana pengaruhnya

Jadual 1. Maklumat taburan dan kekerapan tanah runtuh di Daerah Hulu Langat.

Parameter	Unit Kelas Parameter	Keluasan Kawasan (km ²)	Bilangan Tanah Runtuh	Peratusan Tanah Runtuh (%)	Kekerapan Tanah Runtuh Per 10 km ²
Litologi	Granit	601.9	30	42	0.50
	Syis	179.1	33	47	1.84
	Volkano	6.5	0	0	-
	Permatang kuarza	2.4	8	11	33.61
	Aluvium	1.3	0	0	-
	Jumlah	791.2	71	100	
Kecuraman Cerun	>140 % (Sangat tinggi)	366.1	13	18	0.36
	56–140% (Tinggi)	269.1	29	41	1.08
	21–55 % (Sederhana)	137.3	28	40	2.04
	8–20 % (Rendah)	18.7	1	1	0.53
	Jumlah	791.2	71	100	
Ketumpatan Saliran	> 0.0055 (Sangat tinggi)	10.0	1	1	1.00
	0.0040–0.0055 (Tinggi)	221.0	21	30	0.95
	0.0025–0.0040 (Sederhana)	453.1	40	56	0.88
	0.0010–0.0025 (Rendah)	100.7	9	13	0.89
	< 0.0010 (Sangat rendah)	6.4	0	0	-
	Jumlah	791.2	71	100	
Litupan Tanah	Hutan	324.2	14	20	0.43
	Kawasan pertanian	313.5	39	55	1.24
	Kawasan terbuka	11.5	0	0	-
	Kawasan membangun	132.2	18	25	1.36
	Jasad air	9.8	0	0	-
	Jumlah	791.2	71	100	
Ketumpatan Lineamen	> 0.0075 (Sangat tinggi)	0.7	0	0	-
	0.0055–0.0075 (Tinggi)	16.8	0	0	-
	0.0035–0.0055 (Sederhana)	154.4	5	7	0.32
	0.0015–0.0035 (Rendah)	299.3	23	32	0.77
	< 0.0015 (Sangat rendah)	320.0	43	61	1.34
	Jumlah	791.2	71	100	

di dalam mengawal kejadian tanah runtuh. Antara parameter fizikal yang dikaji ialah litologi, kecuraman cerun, ketumpatan saliran, litupan tanah dan ketumpatan lineamen. Analisis dijalankan bertujuan untuk menentukan taburan tanah runtuh serta kekerapan tanah runtuh di dalam setiap unit kelas parameter tersebut. Hasil awalan menunjukkan bahawa kedua-dua bilangan dan kekerapan tanah runtuh merupakan geoindikator yang sesuai untuk parameter litologi, kecuraman cerun, ketumpatan saliran dan litupan tanah. Parameter ketumpatan lineamen tidak sensitif sebagai geoindikator tanah runtuh di kawasan pesat membangun. Kajian lanjutan diperlukan untuk memastikan tahap kesesuaian parameter tersebut sebagai geoindikator untuk penilaian tanah runtuh.

RUJUKAN

- BERGER, A.R. AND IAMS, W.J. (Eds.), 1996. *Geoindicators: Assessing rapid environmental changes in Earth systems*. A.A. Balkema, Rotterdam, 466p.
- BERGER, A.R., 2002. Tracking rapid geological change. *Episodes*, 25(3), 154-159.
- COLTRINARI, L., 1996. Natural and anthropogenic interactions in the Brazilian tropics. In: Berger, A.R. and Iams, W.J. (Eds.), *Geoindicators: Assessing Rapid Environmental Changes in Earth Systems*. Balkema, Rotterdam, 295-310.
- EVANS, R., 1990. Water erosion in British farmers'—some causes, impacts, prediction. *Progress in Physical Geography*, 14(2), 199-219.
- GRANICZNY, M., 2001. Application of modern cartographic techniques for geoindicators evaluation: Example from Poland (Eastern Europe) — Landslides, Coastal Dynamics, Floods. *Short Course and Field Trip*. Int. Union of Geo. Sci, Lusaka, Zambia, 25-27 June 2001.
- JAMES BACHAT, 1999. *Degradasi tanah lembangan ulu Sungai Langat*. Tesis Sarjana Muda Sains, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- KHAIRUL ANAM, 1999. *Survei potensi air bawah tanah di Lembangan Langat*. Tesis Sarjana Sains, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- LIM, C.S., 1999. *Degradasi tanah lembangan Sungai Semenyih, Selangor*. Tesis Sarjana Muda Sains, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- MCCALL, G.J.H., 1996. Geoindicators of rapid environmental change: The Urban Setting. In: Berger, A.R. and Iams, W.J. (Eds.), *Geoindicators: Assessing Rapid Environmental Changes in Earth Systems*. Balkema, Rotterdam, 311-318.
- SHARPE, C.F.S., 1968. *Landslides and related phenomena*. Cooper Square Publishers Inc, New York.