

Aplikasi Sistem Maklumat Geografi (GIS) dalam Kegagalan Cerun: Kajian Kes di Paya Terubong, Pulau Pinang, Malaysia

Application of Geographic Information System (GIS) in Slope Failures: A Case Study in Paya Terubong, Pulau Pinang, Malaysia

W. M. Muhiyuddin W. Ibrahim¹, Norhafizah B. Nawawi @ @Nawawi¹

Geography Division, Centre for Humanities Studies, Universiti Sains Malaysia,
11800 Pulau Pinang, Malaysia

Abstrak

Banyak kawasan tinggi telah dibangunkan dan sering menyebabkan berlakunya kegagalan cerun. Kawasan umum kajian terletak di barat daya Pulau Pinang di blok PP5, PP7 dan . PP8. Kajian ini khusus dilakukan di blok PP5 (Paya Terubong) seluas 54.1 km persegi di tengah-tengah Pulau Pinang. Metodologi kajian diasaskan kepada Kamp et al (2008). Setiap kes kegagalan cerun ditandakan sebagai titik di dalam peta asas dan taburannya ditentukan secara ruangan sebelum dianalisis dengan setiap peta parameter serta ditentukan pemberatnya setiap satu dan akhirnya menghasilkan peta kebolehtahanan kegagalan cerun menggunakan GIS. Antara dapatan penting kajian ini ialah pembentukan peta zon kebolehtahanan kejadian kegagalan cerun di kawasan kajian.

Katakunci: GIS, kegagalan cerun, Paya Terubong

Abstract

A lot of highlands have been developed and this has caused many slope failures. The general study area is located in southwest Penang at blocks PP5, PP7 and PP8. This study was specifically conducted at block PP5 (Paya Terubong) with an area of 54.1 square km in the centre of the Penang Island. The methodology of the study was based on Kamp at al (2008). Every slope failure was marked on a base map and its distribution was spatially analyzed before parameters and weights of each were determined to eventually produce a map of slope failure probability of the study area.

Keywords: GIS, slope failures, Paya Terubong

Pendahuluan

Banyak kawasan tanah tinggi di Malaysia pada masa ini telah menjadi kawasan tumpuan pemaju dan telah dibangunkan. Ini kerana, terdapat keperluan manusia yang meningkat sehinggakan kawasan bukit perlu dimajukan sehingga mengakibatkan kawasan lereng bukit ditarah besar-besaran (Abdul Samad, 1990). Pembangunan dilereng lereng bukit seperti ini mengundang pelbagai risiko samada kepada manusia atau terhadap alam sekitar.

Kegagalan cerun ialah proses di mana jisim tanah bergerak ke bawah dan keluar disebabkan oleh tarikan graviti atau disebabkan oleh pergerakan lemah kerak bumi kesan daripada gempa bumi (Veder, 1981). Kebanyakan kegagalan cerun di Malaysia adalah disebabkan gangguan hasil daripada aktiviti manusia berbanding dengan kejadian kegagalan cerun semulajadi (Komoo, 1987). Kegagalan cerun boleh berlaku dalam masa tertentu di sesuatu kawasan yang berpotensi dan boleh mencapai magnitud yang memusnahkan (Guzzetti et al, 2006). Justru itu, setiap kejadian kegagalan cerun adalah berisiko untuk memusnahkan harta benda dan nyawa.

Carrara et al (1995), Van Westen (1994), Soeters dan Van Westen (1996), Chung dan Fabbri (1999) dan Guzzetti et al (1999) menyatakan bahawa GIS mempunyai beberapa kaedah untuk meramal dan menilai potensi kegagalan cerun. Kaedah GIS yang digunakan adalah pelbagai antaranya ialah MCE (Kaedah Pelbagai Kriteria) seperti yang dilakukan oleh Kamp et al (2008), kaedah AHP (analytical hierarchy process) seperti yang dilakukan oleh Yalcin (2006) dan juga Indeks Statistik seperti yang dilakukan oleh Ozdemir (2008). Antara kaedah lain yang turut digunakan bagi tujuan analisis kegagalan cerun adalah seperti analisis geomorfologi, analisis kualitatif, analisis taburan dan analisis kebarangkalian. Kaedah-kaedah ini merupakan kaedah penentuan pemberat bagi setiap lapisan peta yang digunakan dalam membangunkan peta kebolehtahanan kegagalan cerun bagi meramal potensi kegagalan cerun pada masa hadapan.

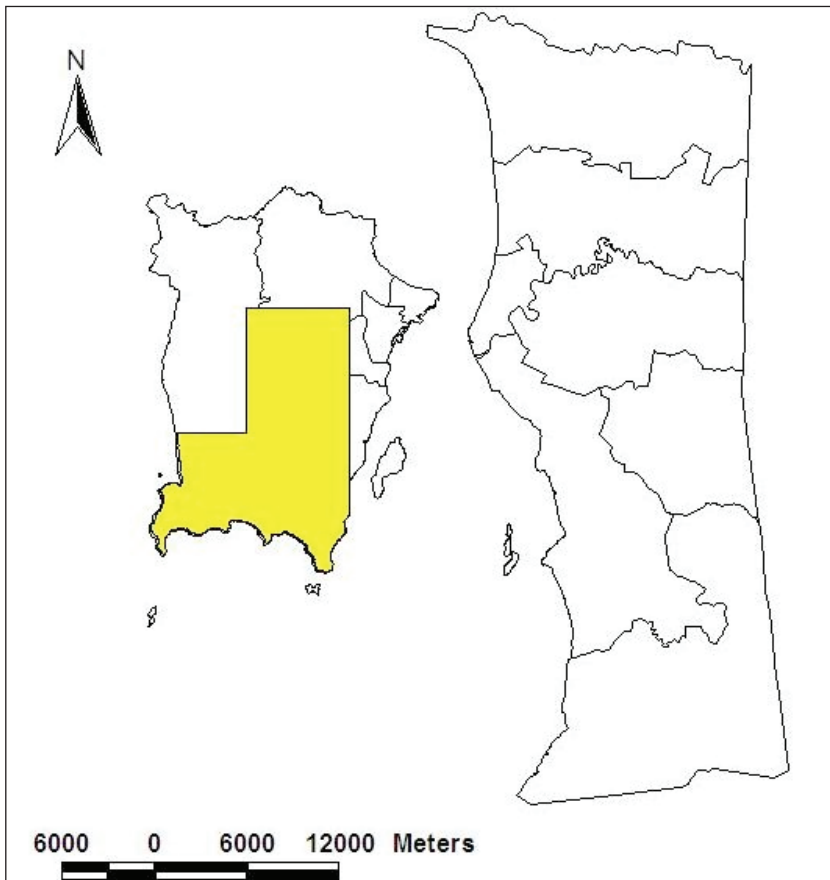
Kawasan Kajian

Kawasan kajian keseluruhan terletak di barat daya Pulau Pinang di blok PP5, PP7 dan .PP8. Kajian ini khusus dilakukan di blok PP5 (Paya Terubong), seluas 54.1 km² yang terletak di tengah-tengah Pulau Pinang. Blok ini melibatkan beberapa buah mukim iaitu Mukim 13, 14, 15, 16 dan 17 daerah Timur Laut dan sebahagian mukim 2, 3, 4, 5 dan 6 daerah Barat Daya. Bandar bagi Paya Terubong ini ialah Air Itam. Kawasan ini dipilih adalah kerana Paya Terubong adalah merupakan kawasan yang sering kali berlaku kejadian kegagalan cerun. Bagi blok PP7 ialah Teluk Kumbar-Pasir Panjang, 31.4 km² yang terletak di Barat dan Selatan, Timur dan Utara. Kawasan ini meliputi Mukim 6, 7, 8, 9, G, H, I dan J daerah Barat Daya. Bandar bagi kawasan ini ialah Bayan Lepas dan Batu Maung.

Bagi blok PP8 pula ialah (Teluk Tempoyak) iaitu seluas 47.3 km² yang terletak di sebelah Selatan dan Utara. Kawasan ini meliputi mukim 6, 10, 11 dan 12 dalam daerah Barat Daya dan sebahagian mukim 13 yang terletak dalam daerah Timur Laut. Bandar kawasan PP8 ini ialah Teluk Kumbar, Genting dan Kg. P. Betung. Blok. Peta

1 menunjukkan kawasan kajian yang meliputi beberapa kawasan di bahagian pulau. Kegagalan cerun ini telah diwakili dengan titik di dalam peta iaitu pada skala 1: 10 000.

Peta 1 Kawasan Kajian

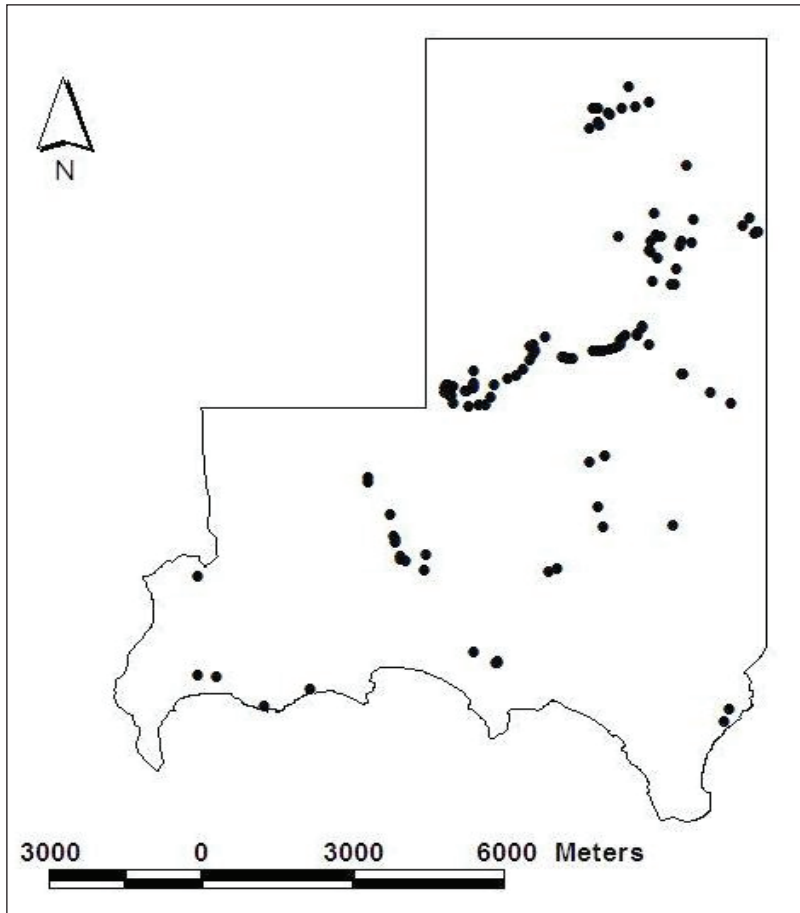


Sumber: JMG (2003)

Justifikasi Kajian

Kajian dilakukan berikutan kawasan ini sering berlaku kejadian kegagalan cerun. Sebanyak 120 kegagalan cerun telah berlaku dan direkodkan di kawasan kajian (JMG, 2003). Setiap kes kegagalan cerun yang direkodkan ditandakan sebagai titik di dalam peta. Titik kegagalan cerun ini kemudiannya ditentukan taburannya secara ruangan sebelum dianalisis dengan setiap peta parameter serta ditentukan pemberatnya setiap satu dan akhirnya menghasilkan peta kebolehtahanan kegagalan cerun menggunakan GIS. Peta 2. menunjukkan peta titik kegagalan cerun di kawasan kajian. Oleh kerana kawasan ini sangat kerap mengalami kegagalan cerun, maka ia memberikan justifikasi untuk kajian ini dilakukan.

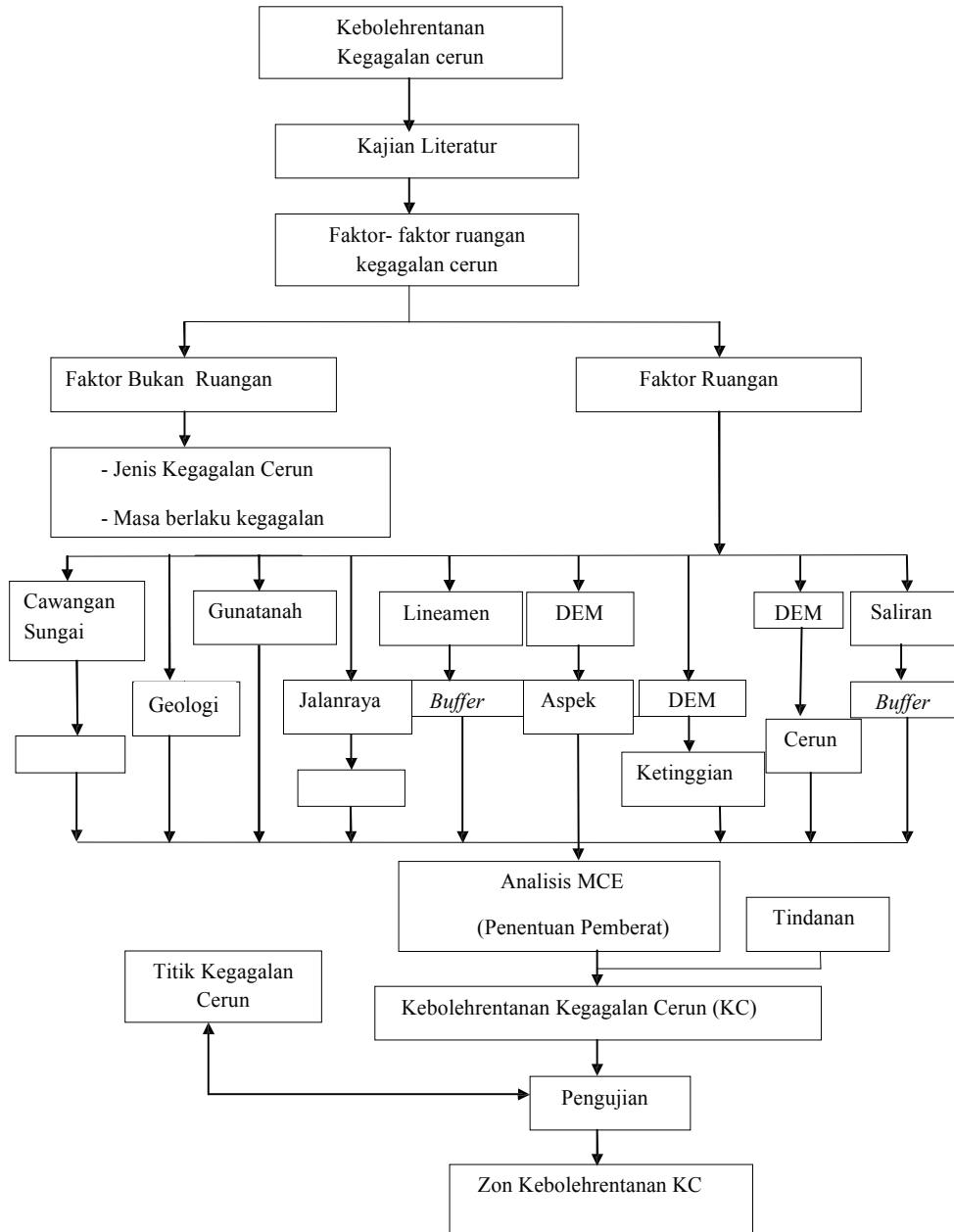
Peta 2 Peta Lokasi Kegagalan Cerun Di Kawasan Kajian



sumber: JMG (2003)

Metodologi Kajian

Faktor yang mengawal kejadian kegagalan cerun boleh dibahagikan kepada dua iaitu faktor ruangan dan faktor bukan ruangan. Dalam kajian ini hanya faktor ruangan sahaja yang digunakan, iaitu jalanraya, saluran, aspek, ketinggian, gunatanah, lineamen, litologi batuan, cerun dan cawangan sungai bersesuaian dengan kajian yang dilakukan oleh Kamp et al (2008). Setiap lapisan peta parameter ini dibangunkan menggunakan teknik GIS. Metodologi kajian ini adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.



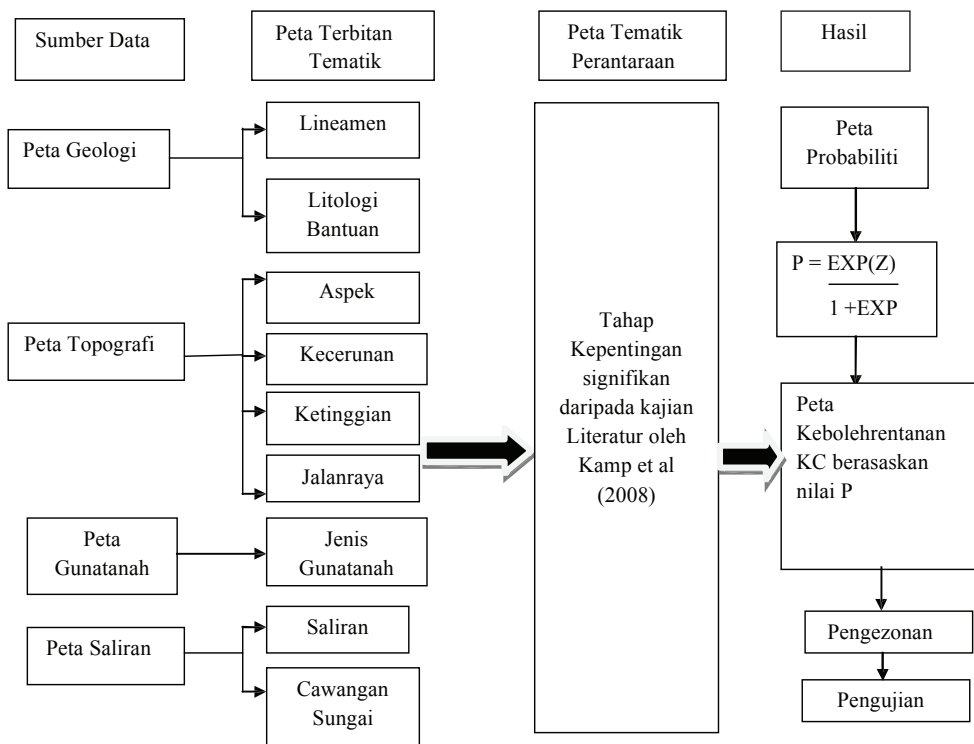
Rajah 1 Metodologi Kajian

Peta-peta parameter yang telah dikenalpasti dianalisis menggunakan kaedah MCE bagi menentukan pemberat masing-masing. Nilai pemberat adalah berpandukan kepada kajian literatur yang dirujuk berdasarkan kajian daripada Kamp et al (2008). Peta-peta parameter ini kemudiannya ditindan antara satu sama lain menggunakan nilai pemberat yang telah didapati. Hasilnya ialah peta kebolehrentanan kegagalan cerun.

Peta kebolehhrentanan kegagalan cerun tadi kemudiannya ditentukan zon bagi membina peta zon kerentanan kegagalan cerun bagi kawasan kajian. Kemudian pengujian dilakukan ke atas peta kebolehhrentanan kegagalan cerun bagi menguji ketepatan dan kejituan hasil yang diperolehi.

Pemetaan Kebolehhrentanan Kegagalan Cerun

Rajah 2 menunjukkan langkah pemetaan yang dilakukan bagi menghasilkan peta kebolehhrentanan kegagalan cerun. Sumber data menunjukkan empat lapisan peta iaitu peta geologi, gunatanah, peta saliran dan peta jalan. Daripada empat peta tersebut terhasil peta tematik terbitan seperti lineamen, litologi batuan, aspek, kecerunan, ketinggian, jenis gunatanah dan saliran. Kemudian daripada peta tematik terbitan pula telah ditentukan tahap signifikan yang merupakan peta tematik perantaraan. Hasil kajian merupakan peta kebolehhrentanan kegagalan cerun berdasarkan kepada peta probabiliti. Hasil kemudiannya dizonkan kepada beberapa zon yang ditentukan dan kemudiannya diuji bagi menentu sahkan hasil tersebut.



Rajah 2 Langkah pemetaan kegagalan cerun

Setiap lapisan peta yang digunakan dalam pembangunan peta kebolehhrentanan kegagalan cerun mempunyai nilai signifikan yang tersendiri. Pembolehubah ini telah diberikan nilai pemberat yang diambil terus daripada kajian yang telah dilakukan oleh

Kamp, et al (2008). Nilai pemberat ini merupakan nilai tahap kepentingan setiap peta parameter terhadap kejadian kegagalan cerun. Dalam kajian Kamp et al (2008) yang dilakukan di Kashmir, pembolehubah yang digunakan ialah aspek cerun, ketinggian, lineamen, litologi, gunatanah, saluran, jalan, kecerunan dan cawangan sungai. Dalam kajian ini pembolehubah yang digunakan adalah sama seperti yang digunakan oleh Kamp et al (2008).

Jadual 1 Senarai Pembolehubah

Bil.	Pembolehubah	Tahap kepentingan
1	Jalanraya	0.0790
2	Saliran	0.0790
3	Aspek	0.0267
4	Lineamen	0.1607
5	Gunatanah	0.0790
6	Kecerunan	0.2389
7	Geologi	0.2840
8	Ketinggian	0.0358
9	Cawangan Sungai	0.0169

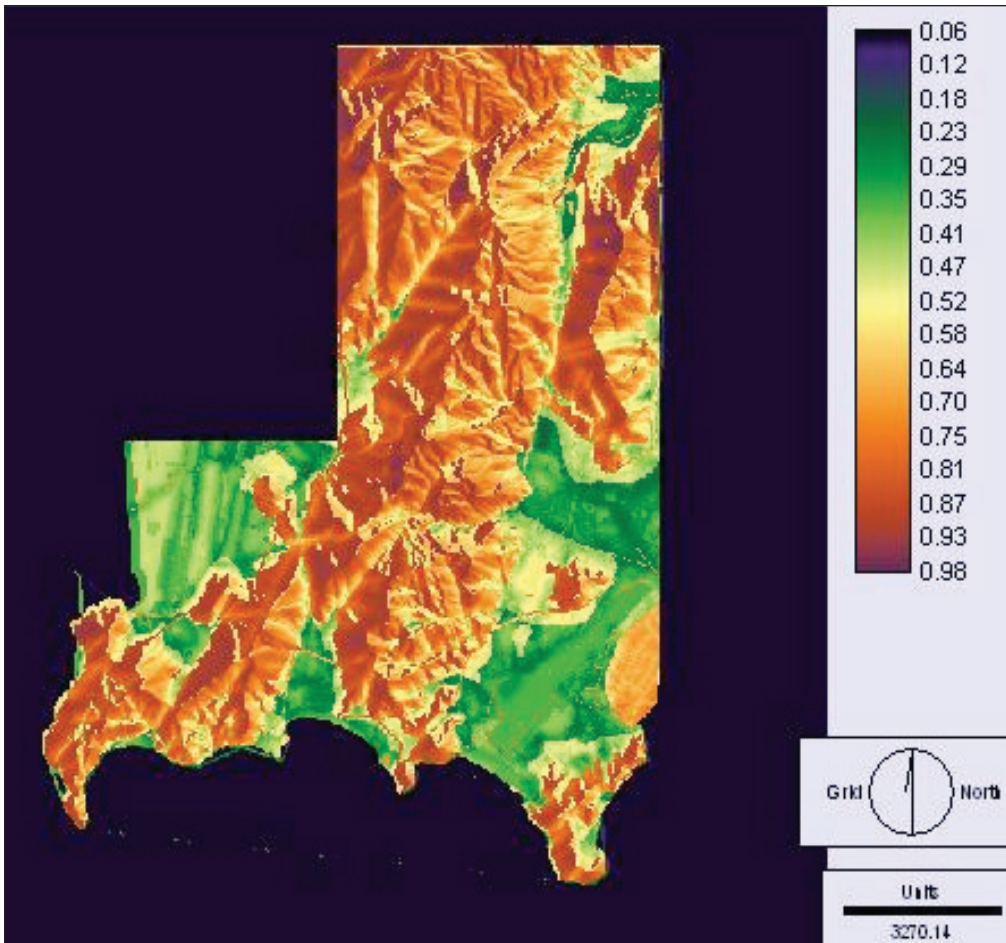
Sumber: Kamp et al (2008)

Jadual 1 menunjukkan senarai pembolehubah signifikan yang digunakan dalam kajian ini. Pembolehubah ini merupakan nilai pemberat yang digunakan untuk proses tindanan peta. Bagi membangunkan peta kebolehtahanan kegagalan cerun, semua peta parameter yang mempunyai nilai tahap kepentingan yang tertentu ditindan. Operasi tindanan menggunakan analisis image calculator seperti Persamaan 1.

$$Z = 0.0267 * \text{aspek cerun} + 0.0358 * \text{ketinggian} + 0.167 * \text{lineamen} + 0.02840 * \text{geologi} + 0.0790 * \text{gunatanah} + 0.0790 * \text{saliran} + 0.0790 * \text{jalanraya} + 0.02389 * \text{kecerunan} + 0.0169 * \text{cawangan sungai} \dots\dots\dots(1)$$

Nilai Z merupakan fungsi kepada kejadian kegagalan cerun manakala nilai yang terdapat dalam Persamaan 1 merupakan nilai tahap kepentingan setiap pembolehubah yang menyebabkan berlakunya kegagalan cerun. Nilai Z yang diperolehi digunakan dalam Persamaan 2 bagi membangunkan peta probabiliti yang merupakan peta kebolehtahanan kegagalan cerun seperti yang ditunjukkan dalam Peta 3.

$$P = \frac{\text{EXP}(Z)}{1 + \text{EXP}(Z)} \dots\dots\dots(2)$$



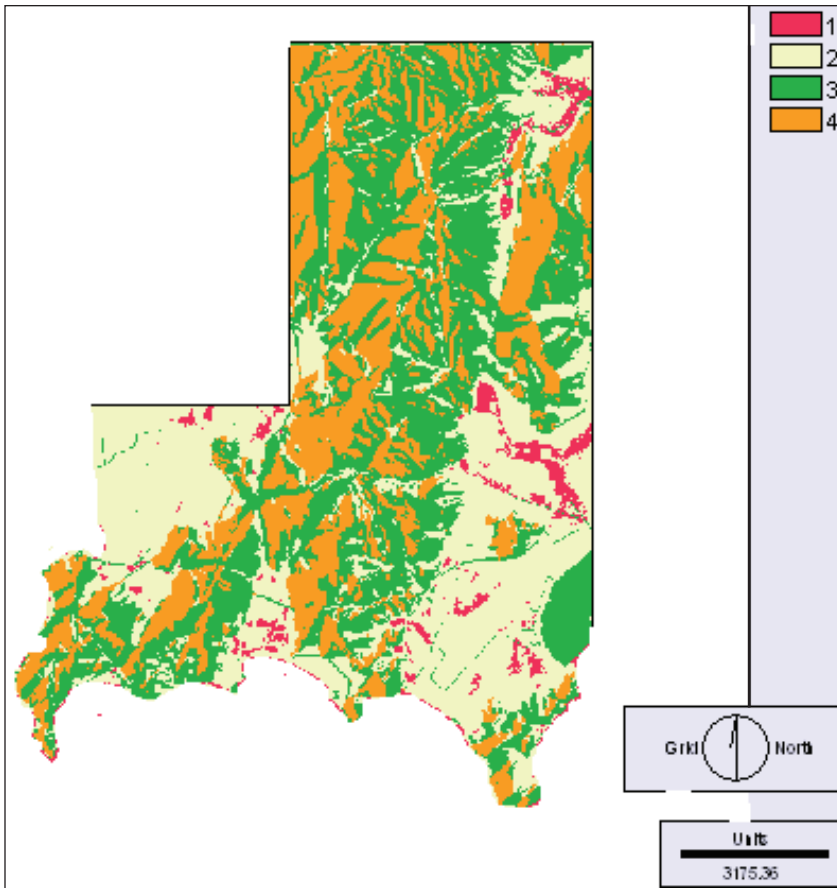
Peta 3 Peta Kebolehrentanan Kegagalan Cerun

Dapatan Kajian

Antara dapatan penting kajian ini ialah pembentukan peta zon kebolehrentanan kejadian kegagalan cerun di kawasan kajian. Penghasilannya adalah seperti yang dibincangkan di bawah.

Pembentukan Peta Zon Kebolehrentanan Kegagalan Cerun

Peta kebolehrentanan kegagalan cerun kemudiannya dikelaskan kepada 4 zon kebolehrentanan iaitu sangat rendah, rendah, sederhana dan tinggi. Pengkelasan zon ini adalah bertujuan untuk mengklasifikasikan kawasan kajian mengikut zon-zon kebolehrentanan kegagalan cerun yang tertentu. Pengkelasan adalah penting supaya kawasan yang paling berbahaya dapat dilihat dengan lebih jelas. Pengezonan ini menggunakan pengelasan semula *equal interval reclass* pada perisian Idrisi 32.



Rajah 4 Peta kebolehtahanan kegagalan cerun mengikut zon

Peta 4 menunjukkan peta kebolehtahanan kegagalan cerun mengikut zon. Terdapat 4 zon yang telah dikelaskan seperti dalam rajah di atas. Zon 1 menunjukkan bahawa sangat rendah, zon 2 pula merupakan zon rendah manakala zon 3 pula mewakili sederhana. Di dalam zon 4 pula ialah zon paling tinggi mengikut susunan zon tersebut. Bagi zon 4 ia menunjukkan zon paling berisiko berlaku kegagalan cerun.

Analisis Kajian: Menguji Ketepatan Peta

Sebanyak 120 titik kegagalan cerun telah direkodkan oleh Jabatan Mineral dan Geosains (2003) digunakan bagi menguji zon-zon yang telah dikemukakan. Pengujian ini adalah untuk menilai samada kegagalan cerun yang direkod di lapangan berada pada kelas zon yang bersesuaian di dalam peta yang dibangunkan. Berdasarkan teori, titik kegagalan cerun ini sepatutnya berada pada kategori zon sederhana atau tinggi.

Jadual 2 Analisis peta zon kegagalan mengikut peratus kejadian kegagalan cerun

Kelas/Zon	Nilai P	Katogeri	Bilangan Titik Kegagalan Cerun	%
1	0 - 0.45	Sangat rendah	0	0
2	0.45 - 0.65	Rendah	11	9.17
3	0.65 - 0.85	Sederhana	81	67.5
4	0.85 - 1	Tinggi	28	23.33
Jumlah			120	100

Jadual 2 menunjukkan analisis kegagalan cerun mengikut peratus kejadian kegagalan cerun. Pada kelas 1 iaitu zon sangat rendah tiada sebarang titik kegagalan cerun direkodkan berlaku. Bagi kelas 2 pula yang mewakili zon rendah, sebanyak 11 kejadian kegagalan cerun iaitu 9.17% telah direkodkan. Jumlah bilangan kegagalan cerun tertinggi telah direkodkan di zon 3 iaitu zon sederhana. Zon 3 ini merekodkan 67.5% kejadian kegagalan cerun bagi lawasan kajian dengan bilangan kejadian kegagalan cerun sebanyak 81 kes. Kelas 4 merupakan katogeri paling tinggi mempunyai sebanyak 28 bilangan titik kegagalan cerun daripada 120 keseluruhan. Ini menunjukkan bahawa kawasan kajian telah merekodkan bilangan kejadian kegagalan cerun yang paling banyak di zon ke 3 dan zon ke 4. Ini adalah bersesuaian dengan teori.

Kesimpulan

Hasil analisis menunjukkan bahawa melalui kaedah penentuan pemberat menggunakan MCE berdasarkan kajian Kamp et al (2008) adalah sesuai dan boleh digunakan untuk membangunkan peta kebolehtahanan kegagalan cerun kerana ia menunjukkan hasil yang baik. Secara keseluruhannya kajian ini telah menunjukkan kejadian kegagalan cerun berlaku paling banyak dalam zon 3 dan 4. Berdasarkan kepada hasil yang diperolehi boleh digunakan dalam meramal kejadian kegagalan cerun yang akan berlaku. Walaupun kajian ini telah dilakukan tanpa menggunakan data hujan dan mengambil literatur dari kajian yang dilakukan bukan di kawasan tropika dan juga di kawasan yang mengalami gempa bumi tetapi hasil kajian menunjukkan kaedah ini masih lagi relevan dan boleh dipertimbangkan.

Rujukan

- Abdul Samad, H. (1990). Pembangunan dan Perubahan Alam Sekitar: Satu Tinjauan dari Segi Masa, in *Pembangunan dan Alam Sekitar di Malaysia: Isu dan Pengurusannya*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka
- Carrara, A., M. Cardinali, F. Guzzetti, & P.Reichenbach (1995): GIS technology in mapping landslide hazard. In Carrara, A. and Guzzetti, F., (eds), *Geographical Information Systems in assessing natural hazards*, Dordrecht: Kluwer, 135-175.
- Chung, C.F. & A.G Fabbri,. (1999). Probabilistic Prediction Models for Landslide Hazard Mapping. *Photogrammetric Eng. and Remote Sensing*. 65: 1389-1399.

- Guzzetti, F., A.Carrara, M. Cardinali, & P.Reichenbach, (1999). Landslide Hazard Evaluation: A Review of Current Techniques and Their Application in a Multi-Scale Study, Central Italy. *Geomorphology*. 31(1-4): pp.181-216.
- Guzzetti F., M. Galli., P. Reichenbach., F. Ardizzone, & M. Cardinali. (2006). *Landslide Hazard Assessment In The Collazzone Area, Umbria, Central Italy*, Natural Hazards and Earth System Sciences, European Geosciences Union. Creative Commons License.
- Komoo, I. (1987). *Geologi Dan Manusia.*, Wan Fuad Hassan (ed.), Bangi: Universiti Kebangsaan Malaysia
- JMGM (2003). *Geological Terrain Mapping of Paya Terubong, Teluk Kumbar-Pasir Panjang and Teluk Tempoyak, Pulau Pinang*, Jabatan Mineral dan Geosains Malaysia, Minst. Nat'l Resources & Envi., M'sia.
- Kamp U, B.J. Growley., G.A., Khattak L.A Owen. (2008): GIS-based Landslide Susceptibility Mapping for the 2005 Kashmir Earthquake Region. *Geomorphology*, 101, 631-642.
- .Ozdemir,H.(2008).GIS-based Landslide Risk Analysis in the Harvan River Basin (WesternTurkey). *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 10, EGU2008-A-07528, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU2008-A-07528.
- Soeters, R. & Van Westen (1996). Slope Stability: Recognition Analysis and Zonation, in Turner, A. K. & R.L. Shuster (eds.). *Landslides: Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board – National Research Council, Special Report 247, pp. 129-177.
- Van Westen, C. J. (1994). GIS in Landslide Hazard Zonation: A Review, with Examples from the Andes of Colombia; in Price, M. F & I.Heywood (eds.) *Mountain Environments and Geographic Information Systems*. London: Taylor & Francis, pp. 135-165.
- Veder, C. (1981). *Landslides and Their Stabilization*. New York: Springer-Verlag, Wien
- Yalcin, A. (2006). GIS-based Landslides Susceptibility Mapping Using Analytical Hierarchy Process and Bivariate Statistic in Ardesen (Turkey):Comparisons of Results and Confirmations, *Catena*, Volume 72, Issue 1, 1 January 2008, pp. 1–12