



Pemetaan kegagalan cerun di Pulau Pinang dengan menggunakan Rangkaian Saraf Buatan (ANN)

Nuriah Abd Majid¹, Wan Mohd Muhiyuddin Wan Ibrahim¹

¹Pusat Pengajian Ilmu Kemanusiaan, Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang

Correspondence: Nuriah Abd Majid (email: nurr3778@gmail.com)

Abstrak

Kegagalan cerun berlaku adalah bencana alam yang dicituskan oleh faktor ruangan dan bukan ruangan, dan pembangunan yang tidak terkawal menyumbang kepada bencana ini. Di Malaysia yang pesat membangun, pemetaan zon kegagalan cerun adalah penting dalam usaha mencegah dan mengurus bencana alam. Dengan mengambilkira faktor ruangan yang mempengaruhi kegagalan cerun, kajian ini bertujuan menghasilkan peta kebolehtahanan kegagalan cerun di Pulau Pinang menggunakan rangkaian saraf buatan (ANN) dengan pengintegrasian Sistem Maklumat Geografi. Hasil kajian ini adalah dalam bentuk pembangunan peta kebolehtahanan kegagalan cerun bagi mengenalpasti kawasan yang berpotensi mengalami kegagalan cerun. Lapisan-lapisan peta yang digunakan adalah seperti topografi (cerun, aspek, dan kelengkungan), jenis litologi, siri tanah, saluran, jalan raya, hujan, dan lineamen digunakan bagi membentuk pangkalan data ruangan dengan menggunakan GIS. Penghasilan peta zon kebolehtahanan kegagalan cerun adalah berdasarkan pada pemberat yang terdapat dalam ANN bagi menghasilkan peta zon kebolehtahanan kegagalan cerun yang mengklasifikasikan mudah kepada empat zon iaitu sangat rendah, rendah, sederhana, dan tinggi. Hasil daripada kajian ini menunjukkan bahawa GIS yang bersama-sama dengan model ANN adalah satu pendekatan yang fleksibel dan berkemampuan untuk mengenal pasti kawasan berpotensi berlaku kegagalan cerun.

Katakunci: GIS, kebolehtahanan, kegagalan cerun, litologi, pemetaan, rangkaian saraf buatan (ANN)

Mapping slope failure vulnerability in Penang using Artificial Neural Network (ANN)

Abstract

Slope failure is an environmental disaster caused by spatial and non-spatial factors, and uncontrolled development aggravates it. In rapidly developing Malaysia mapping slope failures has become part and parcel of disaster prevention and management. Taking into consideration the influence of slope failure column, this paper illustrates the development of a slope failure vulnerability map in Penang using artificial neural networks (ANN) with the integration of Geographic Information Systems. It identifies areas of potential slope failure and factors driving the landslide there. Map layers developed and the lineament used to create a database using the GIS covered factors such as topography (slope, aspect, and curvature), lithology type, soil series, rainfall, drainage, and roads. The production of the slope failure/ landslide zone map based on the ANN's weightage classifies slope failures into four vulnerability zones, namely, very low, low, medium, and high. Results from this study prove the capability of the GIS-aided ANN model in identifying potential areas of slope failure.

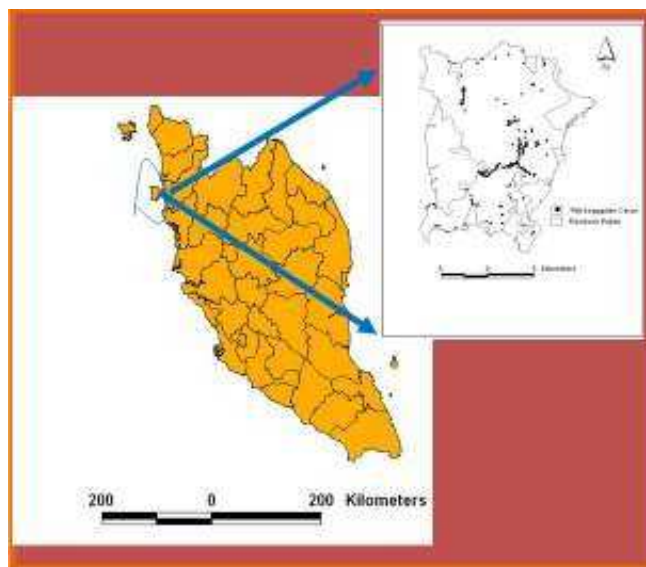
Keywords: artificial neural network (ANN), GIS, lithology, mapping, slope failure, vulnerability

Pengenalan

Pulau Pinang merupakan sebuah negeri berkembang pesat dengan permintaan yang tinggi bagi kawasan perumahan, pertanian, industri yang telah melebihi kapasiti guna tanah (Pradhan & Lee, 2010). Oleh yang demikian perkembangan ini telah dialihkan ke kawasan berbukit menyebabkan erosiviti tanah sekaligus meningkatkan ancaman banjir dan kegagalan cerun. Walau bagaimanapun kawasan berbukit merupakan kawasan sensitif alam sekitar (Ibrahim, 2005). Kegagalan cerun merupakan suatu ancaman bencana di Pulau Pinang (Abdul Basith et al, 2010), hal ini dapat ditunjukkan dengan pelbagai bencana kegagalan cerun yang berlaku pada September 1995, iaitu sebanyak 60 kejadian di Penang Hill. Teluk Bahang pula mengalami kejadian kegagalan cerun pada masa yang sama sebanyak 14 kejadian pada September 2008. Tiga kejadian kegagalan cerun berlaku di Jalan Tun Sardon. Menurut Jabatan Kerja Raya pada September 2008 kawasan Paya Terubong - Balik Pulau merupakan kawasan yang sering berlaku kejadian kegagalan cerun disebabkan geo-teknikal kawasan berkenaan (Abdul Basith et al, 2010). Kegagalan cerun bukan sahaja memberi kesan kepada kerosakan harta benda dan manusia, tetapi juga terhadap sosial ekonomi penduduk. Kegagalan cerun di Muzium Perang, Batu Maung pada 2009 berpunca daripada projek perumahan yang sedang rancak dibina di kawasan berdekatan, menyebabkan kerugian sebanyak 40 peratus kerana hasil jualan menurun dan di Bukit Bendera pada 2008 hujan lebat telah menyebabkan hakisan ini menyebabkan kerugian terhadap sektor pelancongan.

Kawasan kajian

Pulau Pinang terletak di Selat Melaka pada garis lintang latitud $5^{\circ} 8' U$ - $5^{\circ} 35' U$ dan longitud $100^{\circ} 8' B$ - $100^{\circ} 32' B$. Keluasan Pulau Pinang iaitu 1048 km persegi, yang merangkumi daerah Timur Laut 121 km persegi, Barat Daya seluas 176 km persegi, daerah Seberang Perai Utara seluas 269 km persegi, daerah Seberang Perai Selatan seluas 243 km persegi. Menurut Jabatan Perangkaan Malaysia pada 2009, jumlah penduduk di Pulau Pinang seramai 1.6 juta orang iaitu 5.7 peratus dari anggaran jumlah penduduk Malaysia. Kepadatan penduduk di Pulau Pinang seramai 1508 orang bagi setiap km persegi. Antara penduduk di Pulau Pinang terdiri daripada Melayu seramai 625,700 orang, Cina 659,900 orang dan India 157,500 orang. Topografi yang berbukit dan populasi penduduk yang semakin bertambah di Wilayah Utara. Pulau Pinang adalah antara kawasan perbandaran terawal di Malaysia yang pesat membangun. Georgetown merupakan ibu negeri Pulau Pinang terletak dalam jarak 6 km dari Butterworth. Hampir 50 peratus daripada Pulau Pinang adalah tanah tinggi. Populasi penduduk yang bertambah meningkatkan permintaan dan projek pembangunan bagi menampung keperluan penempatan penduduk.



Rajah 1. Peta lokasi kawasan kajian

Kegagalan cerun: Tinjauan literature

Kegagalan cerun merupakan suatu fenomena semula jadi yang sentiasa berlaku dalam proses meratakan bentuk muka bumi yang menyebabkan berlakunya perubahan pandang darat (Tjia, 1987). Menurut Ibrahim (1987), kegagalan cerun adalah semua tarikan graviti ke bawah semua butiran bahan bumi. Kegagalan cerun yang dilaporkan di media cetak dan media massa adalah akibat tindakan manusia yang keterlaluan dalam mengejar pembangunan tanpa mengambil kira aspek alam sekitar yang boleh memberikan pelbagai kesan buruk. Secara kesimpulannya kegagalan adalah gabungan faktor semulajadi dan faktor gangguan manusia. Terdapat pelbagai jenis kegagalan cerun yang berlaku di antaranya ialah aliran lumpur, gelinciran dan gelongsoran. Jenis kegagalan cerun yang lazim berlaku di Malaysia ialah jenis gelinciran dan juga gelongsoran tanah yang biasanya terjadi sekaligus dalam kadar yang sangat pantas (Ibrahim, 1987). Menurut Tjia (1987) kegagalan cerun terbahagi kepada lima jenis iaitu nendatan, gelongsor puing, gelongsoran batuan, turbisan puing dan jatuhan batuan. Lazimnya kegagalan cerun yang berlaku disebabkan oleh faktor gangguan daripada manusia berbanding dengan kejadian kegagalan cerun semulajadi (Ibrahim, 1987). Kegagalan cerun kemungkinan akan berlaku dalam masa yang tertentu di kawasan berpotensi dengan magnitud yang memusnahkan. Ibrahim (1987) menyatakan bahawa kegagalan cerun termasuk dalam bencana geologi selain daripada banjir, gempa bumi, kegiatan gunung berapi dan tsunami. Fenomena ini menyebabkan kerugian harta benda, kehilangan nyawa, mengganggu keselesaan awam serta meningkatkan kos penyelenggaraan infrastruktur.

Terdapat ramai pengkaji yang menggunakan keadah ANN untuk menghasilkan model yang baik. Hal ini kerana mereka berpendapat pemodelan menggunakan ANN mampu menghasilkan dan meramal kawasan yang bakal berlakunya kegagalan cerun di masa akan datang. Pradhan dan Lee (2010) adalah antara pengkaji menggunakan *Back Propagation* seperti di Selangor, Cameron Highland dan Pulau Pinang, Malaysia. ANN lazimnya digunakan untuk proses peramalan dan manakala pengkelasan secara statistik merupakan keadah tradisional. Kedua keadah ini saling bersaing dalam membangunkan model.

Metodologi kajian

GIS ialah satu sistem bagi dapatan, simpanan, kemas kini, penyatuan, manipulasi, analisis dan paparan data ruang yang merupakan rujukan kepada muka bumi. Secara umum, GIS dapat memproses data geografi bagi menghasilkan maklumat. Maklumat yang dihasilkan melalui GIS biasanya dalam bentuk peta (peta topografi atau peta tematik), model dan juga statistik. GIS boleh dirumuskan kepada empat subsistem iaitu sistem data, simpanan data, manipulasi dan analisis data. Paparan data dan komponen GIS pula merangkumi data, perkakasan, perisian, prosedur, aplikasi, sumber dan maklumat. GIS dapat memaparkan peta potensi kegagalan cerun dengan menggunakan pelbagai keadah dengan menggunakan platform GIS.

Taburan kes kegagalan cerun berlaku di sesuatu lokasi yang boleh dipetakan bagi mendapatkan atribut dan lapisan peta. Data GIS terbahagi kepada data ruang (dalam bentuk rujukan geografi) dan data bukan ruang (sama ada dalam bentuk tulisan yang menerangkan ruang atau atribut). Data ruangan digunakan untuk mewakili rujukan ruangan atau geografi dalam satu lapisan peta untuk dianalisis dan dimodelkan. Secara umumnya faktor-faktor yang mempengaruhi kegagalan cerun boleh dibahagikan kepada faktor ruangan dan bukan ruangan. Dalam kajian ini hanya faktor ruangan sahaja yang dipertimbangan. Faktor bukan ruangan antara lain seperti masa berlakunya kegagalan cerun, jenis kegagalan cerun berlaku tidak diambil kira dalam kajian ini. Faktor yang mempengaruhi kegagalan cerun adalah pelbagai mengikut kawasan atau persekitaran. Sebagai contoh, di kawasan yang tidak mengalami sesmik aktif, faktor pencetus gempa bumi boleh dikatakan tidak relevan bagi kawasan kajian ini (Rajah 2). Banyak penyelidikan telah dijalankan oleh para penyelidik terdahulu yang telah mengenal pasti factor-faktor yang mempengaruhi kegagalan cerun serta kaitan di antara faktor ruangan dan kejadian kegagalan cerun di pelbagai kawasan serta metod yang di terima pakai dalam kajian tersebut (Ibrahim, 1987).





Rajah 2. Beberapa faktor yang mempengaruhi kegagalan cerun

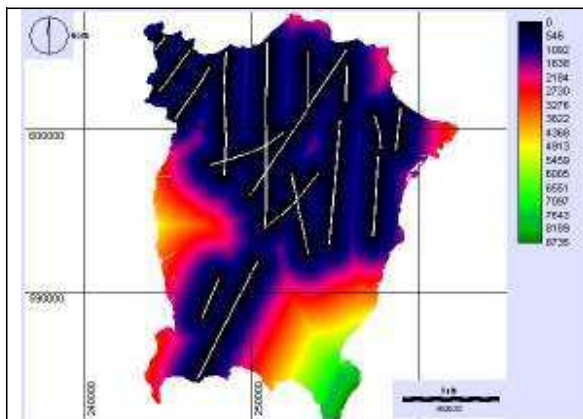
2a) kedudukan cerun 45° berdekatan dengan Taman Terubong Jaya. **(2b)** cerun yang curam berdekatan berhadapan dengan perumahan Bukit Saujana **(2c)** Pembinaan perumahan semakin bertambah walaupun lokasi kawasan tanah runtuh di Paya Terubong **(2d)** cerun runtuh jalan ke barat daya. **(2e)** jalan hampir runtuh di kawasan jalan ke Batu Feringghi. **(2f)** Pembinaan tangki di cerun

Koefesien korelasi ialah pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variabel. Besarnya koefesien korelasi berkisar antara +1 s/d -1. Koefesien korelasi menunjukkan kekuatan hubungan linear dan arah hubungan dua variabel. Jika koefesien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefesien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah (dan sebaliknya). Untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel penulis memberikan kriteria sebagai berikut. Pengkorelasi yang dilakukan antara pembolehubah menunjukkan korelasi yang cukup baik dan semua pembolehubah dapat digunakan (Jadual 1).

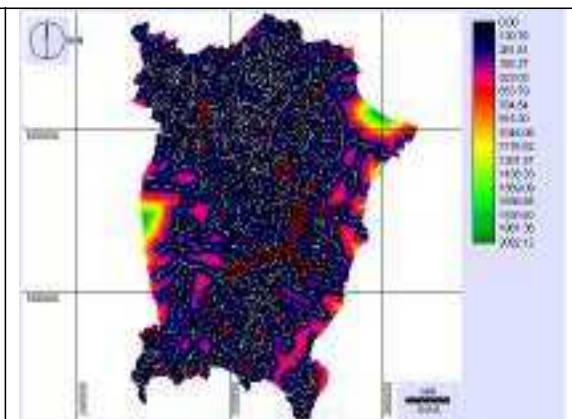
Jadual 1. Koefesien korelasi pembolehubah

Pembolehubah	Korelasi
lineamen	0.45496
jalan	0.44049
siritanah	0.44
litologi	0.3318
kecerunan	0.24903
Model ketinggian berdigit (DEM)	0.22714
sungai	0.20724
hujan	0.06915
aspek	0.05535
kelengkungan	0.04884
gunatanah	0.00524

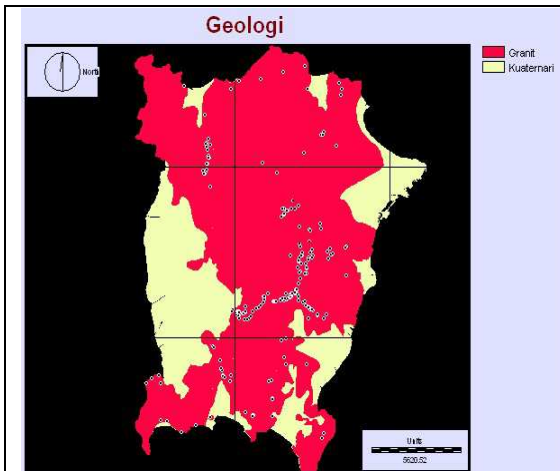
Rajah 3 menunjukkan pangkalan data bagi setiap lapisan peta yang dibangunkan dengan menggunakan analisis jarak bagi jalan raya (a), sungai (b), dan lineamen (c). Analisis permukaan lengkungan(k), analisis cerun iaitu aspek (g) dan (i) menggunakan analisis topografi *Digital Evaluation Model*. Hujan (e) menggunakan analisis Thiessen dengan menggunakan purata hujan tahunan. Rajah (d), (f) dan (g) pula menggunakan analisis kepadatan. Kesemua faktor ruangan ini merupakan pembolehubah yang digunakan bagi menghasilkan peta zon kebolehteraan kegagalan cerun berdasarkan rekod sejarah kegagalan cerun.



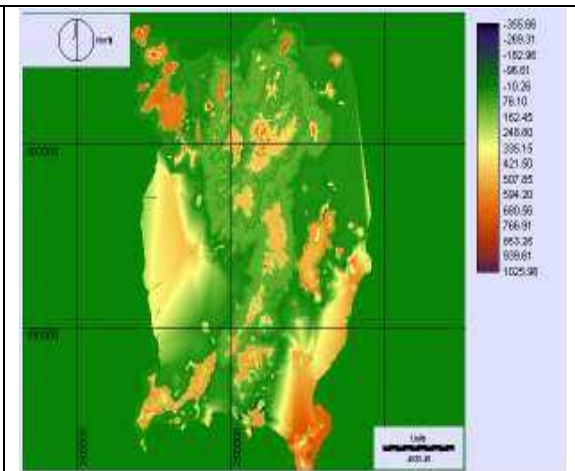
Rajah 3c. Peta Kegagalan Cerun Jarak dari sesar



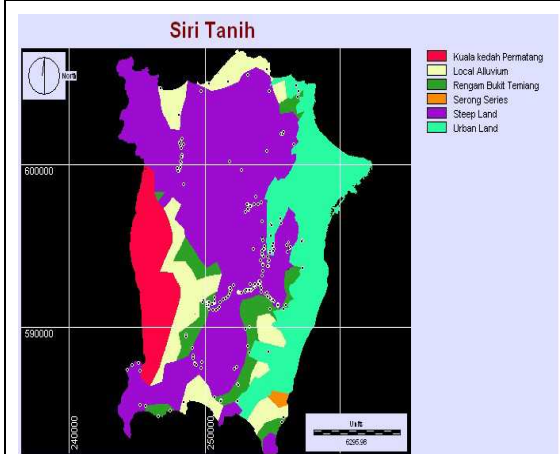
Rajah 3d. Peta Jarak dari Sungai



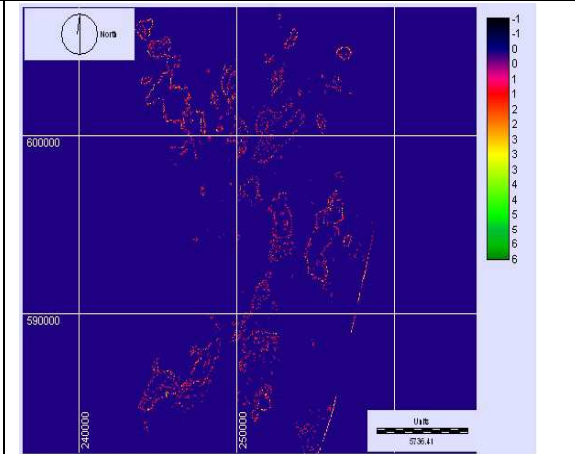
Rajah 3e. Peta jarak dari litologi batuan



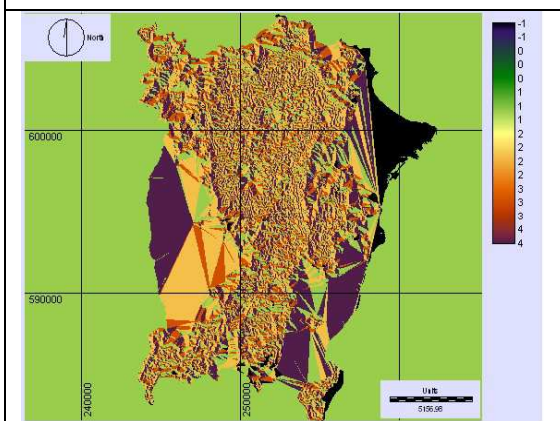
Rajah 3f. Peta analisis permukaan topografi



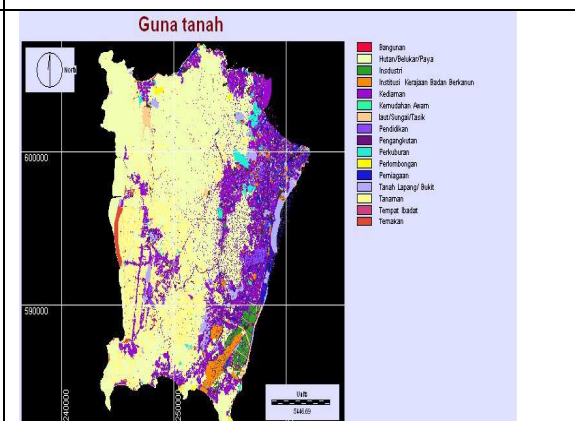
Rajah 3g. Peta siri tanih



Rajah 3h. Peta kelengkungan cerun



Rajah 3i. Peta aspek cerun



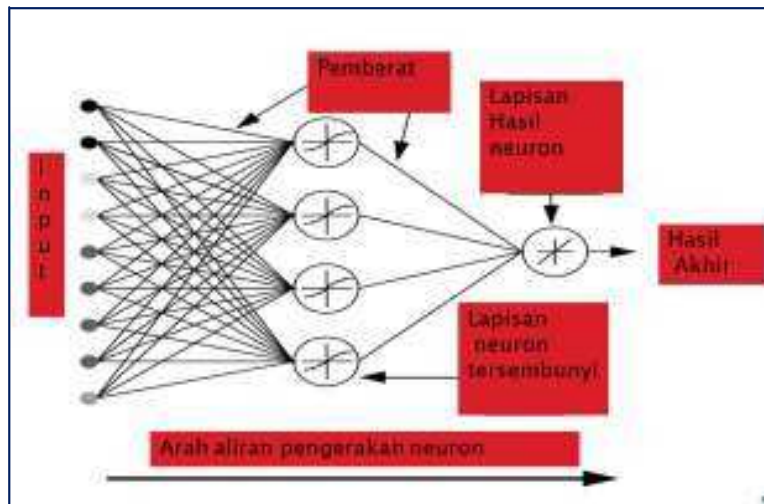
Rajah 3j. Peta guna tanah

Rajah 3. Lapisan peta pengaruh faktor kegagalan cerun yang dibangunkan

Rangkaian saraf buatan (ANN)

ANN merupakan rangkaian saraf biologi yang meniru sistem otak manusia dan menggunakan fungsi matematik nonlinear. Teknologi ini telah digunakan secara meluas dalam pelbagai bidang seperti bidang alam sekitar, hidrologi, ekonomi, psikologi, biologi, falsafah, linguistik, matematik, logik, kejuruteraan dan pelbagai bidang kajian yang lain. Penggunaan keadah ini bagi mengenalpasti hubungan antara pembolehubah kompleks dalam statistik. Penentuan parameter bagi setiap lapisan nod tersembunyi, jumlah nod di lapisan tersembunyi yang berkaitan dengan ANN secara tidak langsung untuk mendapatkan output yang optimum. ANN adalah proses yang sangat memakan masa. ANN merupakan sistem pemprosesan selari yang berupaya menyimpan pengetahuan latihan. ANN terdiri daripada sejumlah nod dan elemen pemprosesan yang saling berkait dan menggunakan algoritma untuk belajar dan menyimpan pengetahuan dalam nod tersembunyi untuk pemprosesan dalam latihan, manakala ia akan meniru fungsi dari otak manusia. ANN juga menggunakan. Nod umumnya mempunyai tiga lapisan iaitu nod input, nod tersembunyi dan nod hasil. Dalam kajian ini menggunakan Model ANN ini menggunakan perisian Tiberius version 7.0, edisi 2001-2011. Perisian ini berkemampuan untuk membina sebuah model, kaedah yang memperbaiki ketepatan model yang dengan menyesuaikan algoritma. ANN ini dibangunkan dengan menggunakan model matematik, ANN adalah sistem yang fleksibel yang semakin digunakan dalam model ramalan.

Model ANN ini berfungsi dengan memasukkan input iaitu data faktor-faktor kegagalan cerun yang didapati dari ekstrak data setiap lapisan pembolehubah dari GIS. Data ini akan dimasukkan dalam pembinaan model ANN. Model ini digunakan untuk ramalan, iainya terdiri daripada tiga lapisan seperti dalam Rajah 4 antara lapisan adalah lapisan input, lapisan tersembunyi dan lapisan hasil. Model ini dilatih dengan menggunakan *Back Propagation* dan dapat belajar algoritma. Nod Input merupakan pembolehubah bebas, manakala nod tersembunyi pula dilatih menjalankan proses pembelajaran sebelum diteruskan ke nod hasil yang terakhir untuk mendapatkan keputusan. Setiap rangkaian mempunyai pemberat (w_1 , w_2 , w_3) berfungsi sebagai pekali pada nod input. Nod tersembunyi (jumlah dari input) menghitung keluaran rangkaian (*feed forward*) melalui fungsi pengaktifan non-linear, menentukan perbezaan (*error*) ke diharapkan keluaran (*output actual*). Bilangan neuron yang dimasukkan sebagai pemberat dapat ditentukan apabila semua set data yang dilatih dan diuji telah lengkap. Penggunaan nod optimum telah dapat untuk menghasilkan keputusan yang baik. Bilangan neuron dalam lapisan tersembunyi menjejaskan bilangan darjah kebebasan dalam pengoptimuman proses, dan oleh itu prestasi model. Proses melatih nod dan pemberat adalah bergantung pada nod optimum yang digunakan semasa proses latihan dan ujian keatas nod tersembunyi. Keputusan akhir yang telah diramalkan oleh model ini dapat ditentukan secara manual dalam excel dengan menggunakan set data di uji ketepatan yang dijalankan oleh model ANN. Walau bagaimana pun ramalan biasanya mempunyai ketepatan yang tinggi dalam mengenalpasti kawasan berpotensi mengalami kegagalan cerun. Model ANN dikenali sebagai penyebaran *feed forward/back*, di mana sistem ini mahir dalam ramalan peristiwa klasifikasi penggunaannya dalam kajian kematian dengan melihat bagaimana efektif ANN dapat melakukan dengan peristiwa klasifikasi berjangkit.



Rajah 4. Cara node beroperasi

Hasil dan perbincangan

Pembentukan model ruangan kegagalan cerun dibangunkan menggunakan analisis dari Tiberius iaitu dalam perisian Rangkaian Saraf Buatan (ANN). Analisis yang menggunakan sebelas pembolehubah iaitu diantaranya adalah jarak dari sesar, jarak dari sungai, jarak dari jalan, aspek kecerunan, kelengkungan, aspek cerun, purata hujan tahunan, jenis siri tanah, gunatanah, dan litologi batuan.

Ringkasan data bagi faktor ruangan ditunjukkan dalam Jadual 2. Data yang berbentuk nominal, tiada nilai minimum dan maksimum bukan nilai sebenar tetapi hanya sebagai perwakilan sahaja. Faktor kecuraman cerun, aspek cerun, kelengkungan cerun, purata hujan tahunan, jarak dari jalan, jarak dari sungai, jarak sesar dari kegagalan cerun merupakan data nisbah manakala faktor jenis gunatanah, litologi batuan, siri tanah merupakan jenis data julat. Data mesti dibahagikan kepada dua iaitu sebahagian untuk pembangunan model dan sebahagian lagi adalah untuk pengujian model tersebut tetapi tidak menyatakan jumlah peratusan yang perlu digunakan dalam kedua-dua keadaan.

Jadual 2. Ringkasan taburan sampel yang digunakan dalam analisis

Jumlah data untuk Analisis	Taburan Data				Jumlah Data
Keseluruhan data	KC	%	Random	%	414
Data Pemodelan	104	50.24	103	49.76	207
Data Ujian Model	103	49.76	104	50.24	07

KC = Kegagalan Cerun

Pengolahan sampel sebanyak 50% daripada jumlah keseluruhan data bagi membangun model ruangan kegagalan cerun. Terdapat 11 pembolehubah ruangan yang digunakan bagi membangun model ruangan kegagalan cerun.

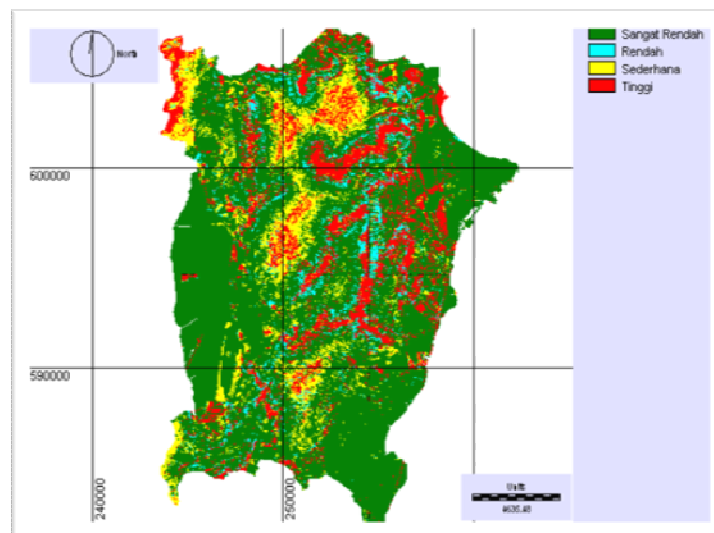
Metod yang digunakan dalam kajian ini adalah menggunakan perisian ANN bagi mendapatkan tahap kepentingan, sisihan piawai untuk digunakan dalam pembentukan model ruangan kegagalan cerun. dilatih dan diuji akan digunakan bagi mendapatkan tahap model sama ada betul atau tidak. Model ini akan melalui sesi latihan, model ini akan belajar dari sesi latihan untuk

mendapatkan model yang baik dan ketepatan yang tinggi. Model ANN ini digunakan dengan memasukkan nilai pembolehubah, jaringan ini memerlukan penentuan pemberat dengan menambahkan nod non linear dan bilangan neuron untuk melatih dan menguji. Pilihan pattern dengan menggunakan *random selection* sebanyak 50% untuk dilatih dan 50% pula diuji.

Pembentukan zon kebolehtahanan kegagalan cerun

Pembentukan zon kegagalan cerun dibuat dengan pengelasan semula peta yang dihasilkan dari makro modular yang diterjemahkan setiap pemberat dalam neuron hasil daripada ANN. Pengelasan zon kebolehtahanan ini bertujuan untuk memudahkan pemantauan dilakukan dikawasan yang berpotensi berlakunya kegagalan cerun. Pengelasan zon adalah berdasarkan titik kegagalan cerun yang sebenar berlaku iaitu menggunakan sebanyak 207 titik taburan kegagalan cerun. Penilaian ketepatan pula menggunakan 19 titik kegagalan cerun lapangan.

Rajah 5 menunjukkan peta zon kegagalan cerun yang dikelaskan kepada empat zon iaitu Zon1, Zon 2, Zon 3, dan Zon 4. 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 (Jadual 3).



Rajah 5. Peta zon kebolehtahanan kegagalan cerun

Jadual 3. Analisis peta zon kebolehtahanan kegagalan cerun

Zon	Nilai P	Kategori	Jumlah Kes Sebenar	% kes sebenar	Keluasan (cell)	% keluasan
1	0-0.6	Sangat rendah	36	17.39	686102	86.18
2	0.6-0.75	Rendah	15	7.25	14895	1.87
3	0.75-0.95	Sederhana	10	4.83	40614	5.10
4	0.95-1.00	Tinggi	146	70.53	54487	6.85
Jumlah			207	100	7 96098	100

Jadual 4 menunjukkan hasil ketepatan model ANN yang dijalankan yang menggunakan 8 nod optimum dalam melatih model ANN. Ketepatan model adalah 89.04%. Jadual 5 menunjukkan model ujian ANN. Ketepatan model ujian adalah 82.75%.

Jadual 4. Ketepatan Model ANN

Model ANN	Random	Sebenar	Jumlah	Peratus
Random	95	7	102	93.13
Sebenar	16	89	105	84.76
Jumlah	111	96		
Peratus	85.58	92.71		89.04

Jadual 5. Ketepatan ujian model ANN

Ujian model	Random	Sebenar	Jumlah	Peratus
Random	91	13	104	87.5
Sebenar	23	80	103	77.67
Jumlah	114	93		
Peratus	79.82	86.02		82.75

Kajian ini menggunakan analisis rangkaian saraf buatan seperti kajian yang dijalankan oleh Pradhan & Lee (2010), Poudyal et al. (2010), Chauhan et al. (2010), Lin et al. (2010), Yilmaz (2010), Kawabata & Bandibas (2009), dengan menggunakan aplikasi Ann dan menghasilkan peta zon kebolehtahan kegagalan cerun.

Pradhan & Lee (2010) menggunakan analisis frekuensi ratio mendapat ketepatan 86.41 %, regresi logistik 89.59% dan rangkaian saraf buatan (NN) 83.55 %. Menurut Pradhan & Lee (2010) perbandingan antara tiga keadah menunjukkan rangkaian saraf keputusan yang paling teruk kerana rangkaian saraf bergantung pada pemberat relatif yang ditentukan oleh neuron. NN lebih menunjukkan cerun adalah pembolehubah paling penting daripada Sembilan faktor lain. NN lebih menekankan kepada faktor yang mencetus berlakunya kejadian kegagalan cerun. NN dapat menyumbang kepada bidang kajian kegagalan cerun ini kerana *Back Propagation* mengalami kesukaran ketika cuba mengikuti proses pembelajaran.

Rumusan

Kesimpulannya pembentukkan model ruangan menggunakan integrasi GIS dan ANN berjaya menghasilkan model yang mampu membahagikan kepada zon kawasan mengikut tahap bahaya masing-masing. Kajian ini mendapati ketepatan model mencapai tahap yang memuaskan iaitu melalui ujian lapangan pada tahap akhir mendapati sebanyak 84.21 peratus kegagalan cerun yang berlaku pada zon 4 iaitu zon yang paling bahaya, terdapat 10.56 peratus pula berada di zon sederhana iaitu zon 3, manakala zon 2 pula terdapat 5.26 peratus. Namun demikian tiada kegagalan cerun yang berlaku pada zon 1. Keputusan ini menunjukkan pengelasan dilakukan dengan baik.

Rujukan

- Abdul Basith, ANM Indra, SH Harahap, Jasmi Ab Talib (2010) Application of land use changes detection for identification of landside risk area in Pulau Penang using a decade of Landsat 7 ETM + Images. MRSS 2010, PWTC, Malaysia. April 28-29.
- Chauhan S, Sharma M, Arora MK, Gupta NK (2010) Landslide susceptibility zonation through ratings derived from Artificial Neural Network. [DOI: 10.1016/j.jag.2010.04.006]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* **12** (5), 340-350.
- Ibrahim Komoo, JY dSI (2005) Kertas Kerja 6. KSAS perbukitan dan tanah tinggi: Konsep dan penilaian kesensitifan.
- Ibrahim Komoo (1987) *Geologi dan manusia*. Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi.
- Kawabata D, Bandibas J (2009) Landslide susceptibility mapping using geological data, a DEM from ASTER images and an Artificial Neural Network (ANN). [DOI: 10.1016/j.geomorph.2009.06.006]. *Geomorphology* **113** (1-2), 97-109.
- Lin K-L W. Æ. M.-L (2010) Development of shallow seismic landslide potential map based on Newmark's displacement: The case study of Chi-Chi earthquake, Taiwan. *Environ Earth Sci* **60**, 775-785.
- Poudyal CP, Chang C, Hyun-Jo, Lee S (2010) Landslide susceptibility maps comparing frequency ratio and Artificial Neural Networks: A case study from Te Nepal Himalaya. *Environ Earth Sci* **61**, 1049-1064.
- Pradhan Biswajeet, Lee Saro (2010) Landslide susceptibility assessment and factor effect analysis: Backpropagation artificial neural networks and their comparison with frequency ratio and bivariate logistic regression modelling. [DOI: 10.1016/j.envsoft.2009.10.016]. *Environmental Modelling & Software* **25** (6), 747-759.
- Tjia HD (1987) *Geomorfologi*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kementerian Pendidikan Malaysia, Kuala Lumpur.
- Yilmaz I (2010) The effect of the sampling strategies on the landslide susceptibility mapping by conditional probability and artificial neural networks. *Environ Earth Sci* **60**, 505-519.