

**APLIKASI SISTEM MAKLUMAT GEOGRAFI (GIS) DALAM PEMETAAN
ZON KEBOLEHRENTANAN KEGAGALAN CERUN MENGGUNAKAN
RANGKAIAN SARAF BUATAN (ANN) DI PULAU PINANG, MALAYSIA**

Oleh

NURIAH BINTI ABD MAJID

**Tesis yang diserahkan untuk memenuhi
keperluan bagi Ijazah Sarjana Sastera**

Julai 2012

PENGHARGAAN

Dengan Nama ALLAH Yang Maha Pemurah Lagi Maha Mengasihani Segala Puji-Pujian hanyalah bagi ALLAH s.w.t., Tuhan Sekian Alam. Selawat dan salam ke atas junjungan besar Nabi Muhammad s.a.w. Syukur kehadiran Ilahi kerana dengan izin dan limpah kurniaNya saya dapat menyiapkan tesis ini. Semoga segala usaha yang dijalankan diberkati dan dirahmatiNya. Terlebih dahulu saya ingin mengucapkan jutaan terima kasih tidak terhingga kepada penyelia saya iaitu Dr.Wan Mohd Muhiyuddin bin Wan Ibrahim di atas bimbingan, nasihat dan tunjuk ajar yang diberikan kepada saya tanpa mengenal erti jemu. Tidak ketinggalan pula kepada pensyarah di Pusat Pengajian Ilmu Kemanusiaan terutamanya Prof Ruslan Rainis yang memberi tunjuk ajar dan pensyarah bahagian geografi, yang sudi berkongsi ilmu dan idea yang bermanfaat. Jutaan terima kasih juga kepada En. Ardi dan En. Manaf kerana banyak memberi tunjuk ajar dan pandangan. Terima kasih juga kepada ayahanda tersayang, Abd Majid Awang dan Ibunda, Suzana Muhammad yang telah banyak berkorban, selalu memberi semangat dan mendoakan kejayaan anakmu ini. Tidak ketinggalan juga, ucapan terima kasih buat teman-teman terutamanya Nik Muhammad Afiq, rakan-rakan di makmal GIS, adik-adik tersayang Zulaika, Zaid, Zakwan, Zulkhairi dan Nurul Alwani, semoga kejayaan ini menjadi pendorong untuk adik-adik berjaya dan individu-individu yang telah membantu secara langsung dan tidak langsung di dalam kajian ini, hanya Allah yang dapat membalas jasa kalian. Sekian Wassalam.

Yang Benar,

Nuriah binti Abd Majid

(PHM0009/10(R))

| | | |
|--------------|--|----|
| 1.7 | Organisasi penulisan tesis | 24 |
| BAB 2 | SOROTAN LITERATUR | |
| 2.1 | Pengenalan | 26 |
| 2.2 | Proses geomorfologi | 26 |
| 2.3 | Kegagalan cerun | 30 |
| 2.3.1 | Interaksi antara sistem semulajadi dengan sistem gunaan manusia | 32 |
| 2.3.2 | Faktor–faktor yang mempengaruhi kegagalan cerun | 34 |
| 2.4 | Sistem Maklumat Geografi (GIS) | 36 |
| 2.4.1 | GIS dalam kegagalan cerun | 39 |
| 2.4.2 | Pemetaan kegagalan cerun | 42 |
| 2.5 | Rangkaian Saraf Buatan (ANN) | 44 |
| 2.5.1 | ANN dalam GIS | 47 |
| 2.5.2 | Perisian ANN Tiberius | 49 |
| 2.6 | Intergrasi ANN dan GIS | 51 |
| 2.7 | Kebolehtahanan kegagalan cerun | 52 |
| 2.8 | Kesimpulan | 53 |
| BAB 3 | RANGKA KONSEPTUAL DAN METODOLOGI PENYELIDIKAN | |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.1 | Pengenalan | 54 |
| 3.2 | Rangka konsep kajian | 54 |
| 3.3 | Pembolehubah yang mempengaruhi kegagalan cerun | 58 |
| 3.3.1 | Jarak kegagalan cerun ke jalanraya | 58 |
| 3.3.2 | Jarak kegagalan cerun ke lineamen | 59 |
| 3.3.3 | Litologi batuan | 61 |
| 3.3.4 | Jarak kegagalan cerun ke sungai | 62 |
| 3.3.5 | Ketinggian topografi | 63 |
| 3.3.6 | Gunatanah | 65 |
| 3.3.7 | Aspek cerun | 66 |
| 3.3.8 | Kelengkungan cerun | 68 |
| 3.3.9 | Kecuraman cerun | 68 |
| 3.3.10 | Hujan | 69 |
| 3.3.11 | Siri tanih | 70 |
| 3.4 | Pembangunan pangkalan data | 71 |
| 3.5 | Kaedah ANN | 73 |
| 3.5.1 | Kelebihan ANN | 73 |
| 3.5.2 | Operasi ANN | 75 |
| 3.5.3 | <i>Over-fitting</i> dan <i>generalisation</i> | 77 |

| | | |
|--------------|---|-----|
| 3.5.4 | Fungsi yang minimum: kesilapan punca min kuasa dua (RMSE) | 78 |
| 3.6 | Pemeringkatan dalam analisis ANN menggunakan perisian Tiberius | 80 |
| 3.7 | Analisis korelasi koefesien | 84 |
| 3.8 | Pembangunan model ANN | 85 |
| 3.9 | Pemodelan ramalan ANN | 85 |
| 3.10 | Pemberat yang dihasilkan oleh model ANN | 87 |
| 3.11 | Pengujian model ruangan | 90 |
| 3.12 | Analisis sensitiviti | 90 |
| 3.13 | Pembangunan zon kebolehtahanan kegagalan cerun | 91 |
| 3.14 | Kesimpulan | 91 |
| BAB 4 | PEMBANGUNAN PANGKALAN DATA DAN ANALISIS RUANGAN | |
| 4.1 | Pengenalan | 93 |
| 4.2 | Pembangunan pangkalan data | 93 |
| 4.2.1 | Peta titik kegagalan cerun | 95 |
| 4.2.2 | Peta taburan kegagalan cerun | 98 |
| 4.2.3 | Peta jalan, peta topografi dan peta saluran | 100 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 4.3 | Analisis jarak | 102 |
| 4.3.1 | Jarak taburan kes kegagalan cerun ke jalanraya, sungai dan lineamen | 102 |
| 4.3.2 | Peta jarak taburan kegagalan ke jalan | 103 |
| 4.3.3 | Peta jarak taburan kegagalan cerun ke sungai | 105 |
| 4.3.4 | Peta jarak taburan kes kegagalan cerun ke lineamen | 106 |
| 4.4 | Penghasilan peta siri tanih, litologi batuan dan gunatanah | 108 |
| 4.4.1 | Peta taburan kegagalan cerun mengikut jenis litologi batuan | 109 |
| 4.4.2 | Peta taburan kegagalan cerun mengikut siri tanih | 110 |
| 4.4.3 | Peta taburan kegagalan cerun mengikut jenis gunatanah | 112 |
| 4.5 | Penghasilan peta purata hujan tahunan | 114 |
| 4.5.1 | Peta kegagalan cerun berdasarkan purata hujan tahunan | 114 |
| 4.6 | Penghasilan peta terbitan dari peta topografi | 117 |
| 4.6.1 | Peta taburan kegagalan cerun mengikut aspek cerun | 117 |
| 4.6.2 | Taburan kes kegagalan cerun mengikut kelengkungan cerun | 119 |
| 4.6.3 | Peta taburan kegagalan cerun berdasarkan kecuraman cerun | 121 |

| | | |
|--------------|---|-----|
| 4.6.4 | Peta taburan kegagalan cerun berdasarkan DEM | 122 |
| 4.7 | Analisis korelasi | 124 |
| 4.8 | Pembangunan dan pelaksanaan model kegagalan cerun menggunakan ANN | 127 |
| 4.9 | Kesimpulan | 127 |
| BAB 5 | PEMBANGUNAN PETA ZON KEBOLEHRENTANAN KEGAGALAN CERUN | |
| 5.1 | Pengenalan | 129 |
| 5.2 | Model ruangan kegagalan cerun yang terhasil | 130 |
| 5.2.1 | Hipotesis tanda | 131 |
| 5.3 | Pembolehubah ruangan yang mempengaruhi kegagalan cerun | 131 |
| 5.4 | Meminimumkan kesalahan (RMSE) | 133 |
| 5.5 | Kepentingan relatif setiap pembolehubah dalam ANN | 134 |
| 5.6 | Ketepatan model ramalan ANN | 138 |
| 5.7 | Analisis sensitiviti | 139 |
| 5.8 | Pembangunan peta kebolehrentanan kegagalan cerun | 142 |
| 5.9 | Perbandingan model | 146 |
| 5.10 | Pembentukan zon kebolehrentanan kegagalan cerun | 150 |
| 5.11 | Penilaian ketepatan peta zon kebolehrentanan kegagalan cerun | 154 |
| 5.11 | Kesimpulan | 156 |
| BAB 6 | KESIMPULAN | |

| | | |
|------|---|-----|
| 6.1. | Pendahuluan | 157 |
| 6.2. | Rumusan penyelidikan | 158 |
| 6.3. | Sumbangan kepada ilmu dan masyarakat | 159 |
| 6.4. | Cadangan penyelidikan pada masa hadapan | 159 |
| | Bibliografi | 161 |
| | Lampiran A | 186 |
| | Lampiran B | 190 |
| | Lampiran C | 195 |
| | Lampiran D | 204 |

SENARAI RAJAH

| | Halaman |
|--|----------------|
| Rajah 1.1. Peta persediaan tanah runtuh di Semenanjung Malaysia | 7 |
| Rajah 1.2. Kekerapan kejadian kegagalan cerun mengikut bulan dari tahun 1991-2010 | 16 |
| Rajah 1.3. Frekuensi kegagalan cerun mengikut negeri di Malaysia dari tahun 1970 -2004 | 17 |
| Rajah 1.4. Kegagalan cerun di Malaysia dari tahun 1991-2010 | 18 |
| Rajah 1.5. Peta lokasi kawasan kajian | 22 |
| Rajah 2.1. Pengelasan susutan darat yang mengambilkira kadar air dan kepantasan pengerakkan | 30 |
| Rajah 2.2. Interaksi antara sistem semulajadi dengan sistem gunaan manusia berupaya menghasilkan sumber alam (interaksi positif) dan bahaya alam (interaksi negatif) | 33 |
| Rajah 2.3. Cara nod beroperasi | 48 |
| Rajah 2.4. Peringkat Integrasi GIS dengan Model-Model Luaran | 52 |
| Rajah 3.1. Rangka konseptual kajian | 56 |
| Rajah 3.2. Pembangunan pangkalan data dalam menghasilkan peta kebolehtahanan kegagalan cerun | 72 |
| Rajah 3.3. Cara ANN beroperasi | 76 |
| Rajah 3.4. Lapisan tersembunyi dalam proses ANN | 76 |
| Rajah 3.5. Tahap optimun latihan | 78 |
| Rajah 3.6. RMSE diminimumkan | 79 |
| Rajah 3.7. Proses memasukkan data ke dalam perisian ANN | 81 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Rajah 3.8. | Pemilihan data secara random dalam ANN | 81 |
| Rajah 3.9. | Proses melatih dan menguji | 82 |
| Rajah 3.10. | Proses menentukan bilangan nod optimum | 83 |
| Rajah 3.11. | Hasil dari latihan dan ujian ANN yang betul | 83 |
| Rajah 3.12. | Contoh hasil RMSE dari ANN | 84 |
| Rajah 3.13. | Contoh hasil dari latihan menggunakan 8 nod | 86 |
| Rajah 3.14. | Contoh pembolehubah yang dipilih berdasarkan kepentingan relatif | 86 |
| Rajah 3.15. | ANN belajar dan melatih untuk mendapatkan model ramalan | 87 |
| Rajah 3.16. | Carta alir makro modelar berfungsi bagi menghasilkan imej | 88 |
| Rajah 3.17. | Pengiraan tangent | 89 |
| Rajah 3.18. | Submodel untuk menghasilkan model akhir | 90 |
| Rajah 4.1. | Carta aliran menunjukkan bagaimana pangkalan data dibangunkan | 96 |
| Rajah 4.2. | Metodologi kajian | 97 |
| Rajah 4.3. | Peta taburan kegagalan cerun dan titik random | 99 |
| Rajah 4.4. | Peta menunjukkan lokasi kegagalan cerun | 99 |
| Rajah 4.5. | Carta aliran penghasilan peta jalan raya, saliran dan topografi | 100 |
| Rajah 4.6. | Peta topografi, sungai dan jalan | 101 |
| Rajah 4.7. | Bilangan kes kegagalan cerun mengikut ketinggian topografi | 102 |
| Rajah 4.8. | Carta aliran menunjukkan data dalam bentuk garisan | 103 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Rajah 4.9. | Peta taburan kegagalan cerun ke jalanraya | 104 |
| Rajah 4.10. | Graf jarak taburan kegagalan cerun mengikut jalanraya | 105 |
| Rajah 4.11. | Peta taburan titik kegagalan cerun ke sungai. | 105 |
| Rajah 4.12. | Graf bilangan taburan kegagalan cerun berdasarkan jarak ke sungai | 106 |
| Rajah 4.13. | Peta taburan kes kegagalan cerun mengikut lineamen | 107 |
| Rajah 4.14. | Graf jarak lineamen ke taburan kes kegagalan cerun. | 108 |
| Rajah 4.15. | Carta aliran penghasilan peta siri tanah, litologi dan gunatanah | 108 |
| Rajah 4.16. | Peta taburan kes kegagalan cerun berdasarkan litologi | 109 |
| Rajah 4.17. | Graf taburan kegagalan cerun berdasarkan jenis litologi | 110 |
| Rajah 4.18. | Taburan kes kegagalan cerun berdasarkan siri tanah | 110 |
| Rajah 4.19. | Graf taburan kegagalan cerun berdasarkan siritanah | 111 |
| Rajah 4.20. | Taburan kegagalan cerun mengikut jenis gunatanah | 112 |
| Rajah 4.21. | Graf kes taburan kegagalan cerun berdasarkan gunatanah | 113 |
| Rajah 4.22. | Carta aliran menunjukkan penghasilan peta purata hujan tahunan | 114 |
| Rajah 4.23 | Peta lokasi stesen hujan menggunakan analisis Thiessen | 115 |
| Rajah 4.24. | Peta taburan kegagalan cerun mengikut analisis Thiessen | 115 |
| Rajah 4.25. | Graf taburan kes kegagalan cerun mengikut purata hujan tahunan | 116 |
| Rajah 4.26. | Carta aliran penghasilan peta terbitan dari peta topografi | 117 |
| Rajah 4.27. | Peta taburan kes kegagalan cerun mengikut aspek | 118 |
| Rajah 4.28. | Graf taburan kes kegagalan cerun mengikut aspek cerun | 119 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Rajah 4.29. | Peta taburan kegagalan cerun mengikut kelengkungan cerun | 120 |
| Rajah 4.30. | Graf kelengkungan cerun berdasarkan kes kegagalan cerun | 121 |
| Rajah 4.31. | Peta taburan kegagalan cerun berdasarkan kecerunan | 121 |
| Rajah 4.32. | Graf taburan kes kegagalan cerun berdasarkan kecuraman cerun | 122 |
| Rajah 4.33. | Peta taburan kegagalan cerun berdasarkan DEM | 122 |
| Rajah 4.34. | Graf taburan kes kegagalan cerun berdasarkan DEM | 124 |
| Rajah 5.1. | Graf ketepatan analisis sensitivity dengan kombinasi sample yang berlainan | 142 |
| Rajah 5.2a. | Peta nod 1 | 144 |
| Rajah 5.2b. | Peta nod 2 | 144 |
| Rajah 5.2c. | Peta nod 3 | 144 |
| Rajah 5.2d. | Peta nod 4 | 144 |
| Rajah 5.2e. | Peta nod 5 | 144 |
| Rajah 5.2f. | Peta nod 6 | 144 |
| Rajah 5.2g. | Peta nod 7 | 145 |
| Rajah 5.2h. | Peta nod 8 | 145 |
| Rajah 5.2i. | Peta kebolehtahanan kegagalan cerun hasil gabungan 8 nod | 145 |
| Rajah 5.3. | Nilai probabiliti kebolehtahanan kegagalan cerun dan pengelasan dalam pengezonan kegagalan cerun | 152 |
| Rajah 5.4. | Peta zon kebolehtahanan kegagalan cerun | 153 |

SENARAI JADUAL

| | | Halaman |
|------------|---|----------------|
| Jadual 1.1 | Geomorfologi dan kegagalan cerun | 6 |
| Jadual 1.2 | Rekod kegagalan cerun di Malaysia | 8 |
| Jadual 1.3 | Rekod kegagalan cerun di Semenanjung Malaysia | 10 |
| Jadual 1.4 | Rekod kegagalan cerun di Pulau Pinang pada tahun 1998-2008 | 15 |
| Jadual 1.5 | Rekod kegagalan cerun di Pulau Pinang pada tahun 2009-2010 | 15 |
| Jadual 2.1 | Pengelasan proses geomorfologi | 28 |
| Jadual 2.2 | Pengelasan umum pengerakkan cerun yang digunakan | 29 |
| Jadual 2.3 | Sorotan pembolehubah dan metod yang digunakan oleh pengkaji lepas | 30 |
| Jadual 2.4 | Jenis analisis pemetaan kegagalan cerun yang digunakan | 43 |
| Jadual 2.5 | Kajian literatur digunakan oleh pengkaji lepas menggunakan perisian ANN | 49 |
| Jadual 2.6 | Pengkaji yang menggunakan perisian ANN (Tiberius) | 50 |
| Jadual 3.1 | Nilai korelasi dan pengkelasan | 84 |
| Jadual 4.1 | Senarai data ruangan yang digunakan dalam kajian | 95 |
| Jadual 4.2 | Bilangan kes kegagalan cerun | 101 |
| Jadual 4.3 | Bilangan kes kegagalan cerun ke jalan raya | 104 |
| Jadual 4.4 | Bilangan kes kegagalan cerun dan peratusan | 106 |
| Jadual 4.5 | Bilangan kes kegagalan cerun berdasarkan jarak ke lineamen | 107 |
| Jadual 4.6 | Bilangan kes kegagalan cerun dan peratusan bagi | 109 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| | litologi batuan | |
| Jadual 4.7 | Bilangan kes kegagalan cerun berdasarkan siri tanih | 111 |
| Jadual 4.8 | Bilangan kes kegagalan cerun dan peratusan berdasarkan jenis gunatanah | 113 |
| Jadual 4.9 | Taburan kes kegagalan cerun mengikut purata hujan tahunan (1990-2009) | 116 |
| Jadual 4.10 | Bilangan kes kegagalan mengikut aspek cerun | 119 |
| Jadual 4.11 | Bilangan kes kegagalan cerun mengikut aspek cerun dan peratusan | 119 |
| Jadual 4.12 | Bilangan kes kegagalan cerun mengikut aspek cerun | 120 |
| Jadual 4.13 | Bilangan Kegagalan cerun berdasarkan kecuraman cerun | 122 |
| Jadual 4.14 | Bilangan kes kegagalan cerun mengikut ketinggian topografi | 123 |
| Jadual 4.15 | Hasil secara keseluruhan korelasi antara pembolehubah | 125 |
| Jadual 4.16 | Hasil korelasi keofesion antara pembolehubah. | 136 |
| Jadual 5.1 | Ringkasan pembolehubah tak bersandar dan hipotesis tanda | 131 |
| Jadual 5.2 | Ringkasan data pembolehubah ruangan | 132 |
| Jadual 5.3 | Ringkasan taburan sampel yang digunakan dalam analisis | 133 |
| Jadual 5.4 | Hasil RMSE bagi latihan dan ujian | 134 |
| Jadual 5.5 | Kepentingan relatif setiap nod | 135 |
| Jadual 5.6 | Ketepatan model ANN | 139 |
| Jadual 5.7 | Ketepatan ujian model ANN | 139 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Jadual 5.8 | Sensitiviti analisis dengan kombinasi sampel yang berbeza | 140 |
| Jadual 5.9 | Taburan kegagalan cerun berbanding kelas P | 150 |
| Jadual 5.10 | Analisis peta zon kebolehtahanan kegagalan cerun | 154 |
| Jadual 5.11 | Analisis peta zon kebolehtahanan kegagalan cerun berdasarkan data lapangan | 154 |
| Jadual 5.12 | Kedudukan titik kegagalan cerun baru dalam zon kebolehtahanan kegagalan cerun | 155 |

**APLIKASI SISTEM MAKLUMAT GEOGRAFI (GIS) DALAM PEMETAAN ZON
KEBOLEHRENTANAN KEGAGALAN CERUN MENGGUNAKAN RANGKAIAN
SARAF BUATAN (ANN) DI PULAU PINANG, MALAYSIA**

ABSTRAK

Kegagalan cerun merupakan fenomena yang sering berlaku di Malaysia yang menyebabkan kehilangan nyawa, kerosakan harta benda dan kemusnahan alam sekitar. Kegagalan cerun berlaku disebabkan faktor ruangan dan faktor bukan ruangan. Kawasan kajian adalah di Pulau Pinang. Kajian ini hanya akan mengambil kira faktor ruangan yang mempengaruhi kegagalan cerun. Pembangunan yang tidak terkawal menyumbang pada bencana ini. Oleh itu kajian ini adalah bertujuan untuk mengenalpasti faktor ruangan yang mempengaruhi kegagalan cerun dan menganalisis ciri-ciri fizikal kegagalan cerun. Seterusnya memodelkan peta zon kebolehtahanan kegagalan cerun bagi mengenalpasti kawasan yang berpotensi mengalami kegagalan cerun. Sebanyak 207 kes kegagalan cerun sebenar dan 207 kes kegagalan cerun random diwakili oleh nilai 1 dan 0. Data ini digunakan dalam pembangunan peta kebolehtahanan kegagalan cerun. Setiap peta pembolehubah diekstrak dengan taburan titik kegagalan cerun bagi mendapatkan atribut setiap pembolehubah. Kemudiannya digabungkan bagi membentuk pangkalan data. Sebanyak 50% data kegagalan cerun digunakan untuk membentuk model dan 50% lagi digunakan untuk pengujian model bagi mendapatkan ketepatan dan kejituan model tersebut. Analisis ANN yang dijalankan menggunakan 11 faktor ruangan iaitu kecuraman cerun, aspek cerun, kelengkungan cerun, siri tanah, gunatanah, purata hujan tahunan, jarak kegagalan cerun ke jalan, jarak kegagalan cerun ke lineamen, jarak kegagalan cerun ke sungai, litologi batuan dan ketinggian topografi. Ketepatan model ANN yang dihasilkan adalah sebanyak 96.62% manakala ketepatan model

ANN adalah sebanyak 82.14%. Pembangunan peta kebolehtahanan kegagalan cerun dengan hasil daripada model ANN dengan gabungan 8 nod. Nod dihasilkan daripada neuron tersembunyi yang membawa nilai pemberat yang berbeza antara lapisan setiap pembolehubah. Akhirnya peta zon kebolehtahanan kegagalan cerun dibangunkan yang kemudiannya dibahagikan kepada empat zon iaitu rendah, sederhana, tinggi dan sangat tinggi. Peta ini diuji dengan data lapangan dan didapati ketepatannya adalah 84.21%.

**AN APPLICATION OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS)
FOR SUSCEPTIBILITY ZONE MAPPING SLOPE FAILURE BY USING
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) IN PENANG, MALAYSIA**

ABSTRACT

Slope failure is a common phenomenon in Malaysia which causes loss of life, property damage and environmental destruction. Slope failure is due to spatial and non spatial factors. The study area is in Penang. This study is only considered spatial factors that influenced the slope failure. The disaster is caused by uncontrolled developments. First, this study is to identify factors that influenced the slope failure. Second, to analyze the physical characteristics of slope failure. Lastly, to make a modeling of slope failure susceptibility zone to identify potential areas. A total of 207 actual cases on slope failures and 207 random cases were represented as 1 and 0 in this study. These data were used in the development of slope failure susceptibility map. Each map is extracted with the distribution of variable slope failure point for an attribute of each variable. A total of 50% slope failure data was used to model a slope failure area and 50% was used to test the accuracy and precision of the model. ANN analysis was conducted using 11 spatial factors such as slope steepness, slope aspect, slope curvature, soil series, land use, the average annual rainfall, distance to the road slope failure, slope failure to lineament distance, distance to the river slope failure, rock lithology and topography height. ANN analysis will determine the relative importance of variables used in this study. The accuracy of the resulting ANN model was 96.62% while the accuracy of the ANN model was 82.14%. Development of slope failure susceptibility map resulting from the ANN model was a combination of

8 nodes. Node is derived from the carrying value of the hidden neurons from different weights between the layers of each variable. Finally slope failure susceptibility zone map was developed which was then divided into four zones of low, medium, high and very high. The map was then tested using field data and the accuracy obtained was 84.21%.

BAB SATU

PENGENALAN

1.1 Latar belakang

Populasi dunia hari ini semakin meningkat dari 6,084,911,264.0 pada tahun 2000 kepada 6,697,254,040 pada tahun 2008 (*World Development Indicators* (WDI), 2010). Kenaikan sebanyak 9.14 peratus menunjukkan penduduk dunia semakin bertambah dengan begitu pesat. Bilangan populasi Malaysia pula meningkat dari 23,273,615.0 pada tahun 2000 kepada 27,014,337 pada tahun 2008 (WDI dan *Global Development Finance*, 2010) iaitu kenaikan sebanyak 13.85 peratus. Peningkatan populasi ini menyebabkan wujudnya permintaan yang tinggi terhadap pembukaan dan pembangunan kawasan untuk kediaman, perindustrian, pertanian dan pembangunan prasarana lain bagi memenuhi keperluan akibat daripada pertambahan penduduk. Di Malaysia, Negeri Pulau Pinang merupakan salah satu negeri yang mempunyai kepadatan penduduk yang tinggi. Hal ini menyebabkan kawasan rata dan pamah di Pulau Pinang telah tepu bina menyebabkan bukit ditarah, situasi ini menyebabkan gangguan terhadap kestabilan cerun.

Fenomena kegagalan cerun bukan sahaja mengakibatkan kesan buruk terhadap harta benda, malah turut mengorbankan nyawa seperti kejadian di Hingland Towers yang berlaku pada tahun 1993, Gua Tempurung tahun pada 1997 dan pada 2004, Pos Depang dan Sandakan pada tahun 1996, Bukit Antarabangsa pada tahun 2002 dan New Klang Velly Expressway di Bukit Lanjan pada tahun 2003. Tragedi yang terbaru di Madrasah Al-Taqwa, Hulu Langat akibat daripada kejadian kegagalan

cerun di rumah anak-anak yatim telah menyebabkan 24 orang pelajar tertimbus dengan 16 orang daripadanya meninggal dunia akibat kejadian tersebut (Utusan Malaysia, 2011 & Berita Harian, 2011).

Menurut Pradhan *et al.*, (2010) kegagalan cerun di Malaysia lazimnya disebabkan oleh hujan tropika dan banjir kilat. Kegagalan cerun juga disebabkan retakan batuan, kekal dan satah ira (Pradhan *et al.*, 2010). Walaupun geologi tanah adalah stabil, tetapi pembangunan yang berterusan dan proses pambandaran menyebabkan penyahutanan serta hakisan lapisan permukaan tanah yang akhirnya mengakibatkan ancaman terhadap cerun (Pradhan *et al.*, 2010). Istilah kegagalan cerun telah digunakan oleh (Sharpe,1968; Varnes, 1978; Vender, 1981; Brabb,1984; Evans & Brooks, 1991; Evans *et al.*, 2001; Guthrie *et al.*, 2008). Kegagalan cerun merupakan pergerakan ke bawah bahan-bahan bumi sama ada batuan, tanah atau campuran keduanya yang melibatkan pelbagai kedalaman dengan pelbagai kelajuan pergerakan antara beberapa cm dalam masa setahun hingga melebihi 100 km sejam bergantung kepada takungan kandungan air.

Kegagalan cerun mempunyai maksud yang sama dengan tanah runtuh. Kegagalan cerun merupakan suatu fenomena semulajadi yang sentiasa berlaku dalam proses meratakan bentuk muka bumi yang menyebabkan berlakunya perubahan pandang darat (Tjia, 1987). Ibrahim Komoo (1987) menjelaskan kegagalan cerun merupakan 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 (Masrimie Mohd Shariff, 2005). Secara kesimpulannya pengkaji mendapati kegagalan cerun 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 Komoo,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 Komoo, 1987). Menurutny lagi kegagalan cerun termasuk dalam bencana geologi selain daripada banjir, gempa bumi, kegiatan gunung berapi dan tsunami.

Sistem Maklumat Geografi (GIS) ialah satu sistem bagi dapatan, simpanan, kemas kini, penyatuan, manipulasi, analisis dan paparan data ruang yang merupakan rujukan kepada muka bumi (*Association for Geographic Information*, 1994; ESRI, 2011; Foster & Shand,1990). 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. 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 kaedah dengan menggunakan platform GIS (Corominas & Moya, 2008).

Taburan kes kegagalan cerun berlaku suatu lokasi yang boleh dipetakan bagi mendapatkan atribut dan lapisan peta. Data GIS terbahagi kepada data ruangan (dalam bentuk rujukan geografi) dan data bukan ruangan (sama ada dalam bentuk tulisan yang menerangkan ruang atau atribut (Ghazali Desa, 1999). Data ruangan digunakan untuk mewakili rujukan ruangan atau geografi dalam satu lapisan peta untuk dianalisis dan dimodelkan (Heywood *et al.*, 2002). Secara umumnya faktor-faktor yang mempengaruhi kegagalan cerun boleh dibahagikan kepada faktor ruangan dan bukan ruangan. Dalam kajian ini hanya faktor ruangan sahaja yang dipertimbangkan. 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. Banyak penyelidikan telah dijalankan oleh para penyelidik terdahulu dalam mengenalpasti faktor-faktor yang mempengaruhi kegagalan cerun dan kaitan di antara faktor ruangan dengan kejadian kegagalan cerun di pelbagai kawasan serta kaedah yang berbeza.

Penggunaan kaedah konvensional bagi meramal kejadian tanah runtuh mengambil masa lama. Penggunaan kaedah konvensional seperti pemetaan secara manual tanpa menggunakan perisian GIS. Oleh yang demikian, penggunaan Sistem Maklumat Geografi (GIS) digunakan sebagai alatan untuk meramal kegagalan cerun kerana dapat mengawal data yang besar, menyediakan persekitaran untuk analisis dan paparan keputusan dengan satu set alat bagi dapatan, simpanan, pengawasan, integrasi, manipulasi, analisis dan paparan data geografi (ruang dan atribut) dari dunia sebenar. Penggunaan GIS dapat membantu dalam pemetaan kegagalan cerun dan penyelesaian kepada masalah tersebut.

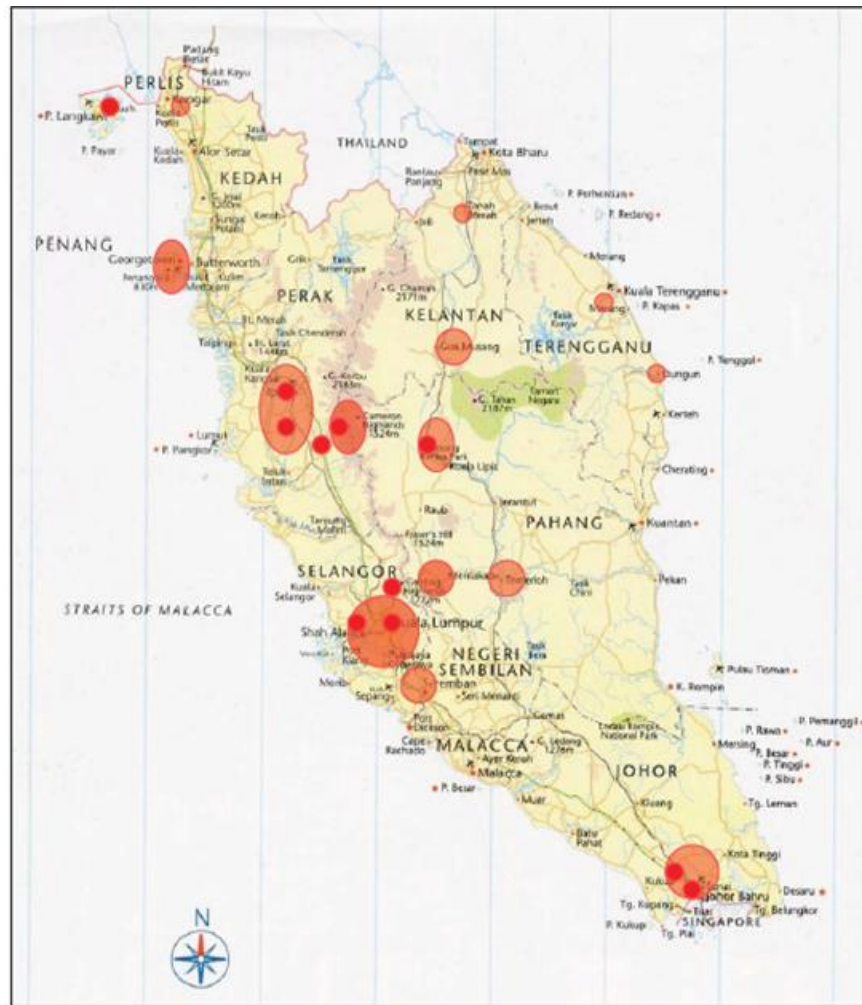
1.2 **Penyataan permasalahan**

Kejadian kegagalan cerun telah banyak mengundang malapetaka yang mengakibatkan kematian, kecederaan dan kerosakan harta benda serta kemusnahan ekosistem. Berdasarkan data sebanyak 55% daripada kejadian tanah runtuh berlaku di kawasan berbukit (JKR, 2009). Jabatan Kerja Raya (2009) melaporkan kejadian kegagalan cerun tertumpu di kawasan pembangunan lereng bukit seperti di Kuala Lumpur sebanyak 19.2% dan Selangor pula sebanyak 16.6% yang merupakan kawasan yang paling kerap berlaku kegagalan cerun. Ini diikuti pula oleh Perak iaitu sebanyak 13.4% dan Pahang sebanyak 12.3%. **Jadual 1.1** menunjukkan geomorfologi kegagalan cerun di Malaysia dari 1970-2004 yang telah dikeluarkan oleh JKR pada 2005. Jadual ini diterangkan oleh **Rajah 1.1** yang menunjukkan peta persediaan tanah runtuh di Semenanjung Malaysia. Secara umumnya Pulau Pinang merupakan kawasan yang berisiko mengalami kegagalan cerun. Kajian ini dijalankan untuk memperincikan kawasan yang berpotensi mengalami kegagalan cerun di Pulau Pinang.

Jadual 1.1: Geomorfologi dan kegagalan cerun

| Negeri | Tahun | Jumlah Kegagalan Cerun | Geomorfologi | | |
|-----------------|-----------|------------------------|--------------|------|--------|
| | | | Tanah Tinggi | Rata | Sungai |
| Perak | 1970-1979 | 3 | | 1 | 1 |
| | 1980-1989 | 7 | 1 | 4 | |
| | 1990-1999 | 36 | 21 | 2 | 3 |
| | 2000-2004 | 6 | 5 | | |
| Selangor | 1970-1979 | 3 | 1 | | |
| | 1980-1989 | 4 | 2 | | 1 |
| | 1990-1999 | 38 | 17 | | 3 |
| | 2000-2004 | 12 | 12 | | |
| Pahang | 1970-1979 | 2 | 2 | | |
| | 1980-1989 | 3 | 2 | | 1 |
| | 1990-1999 | 26 | 15 | | 3 |
| | 2000-2004 | 14 | 9 | | |
| Kelantan | 1970-1979 | 2 | 2 | | |
| | 1980-1989 | 2 | | | 2 |
| | 1990-1999 | 5 | 4 | | |
| | 2000-2004 | 7 | 3 | | |
| Johor | 1970-1979 | 1 | 1 | | |
| | 1980-1989 | 1 | | | 1 |
| | 1990-1999 | 12 | 7 | | 2 |
| | 2000-2004 | 3 | 2 | | |
| Kedah | 1970-1979 | na | | | |
| | 1980-1989 | na | | | |
| | 1990-1999 | 9 | 4 | 1 | |
| | 2000-2004 | 3 | 3 | | |
| Negeri Sembilan | 1970-1979 | na | | | |
| | 1980-1989 | 1 | 1 | | |
| | 1990-1999 | 22 | 11 | | 4 |
| | 2000-2004 | 6 | | | |
| Pulau Pinang | 1970-1979 | na | | | |
| | 1980-1989 | 4 | 3 | | |
| | 1990-1999 | 18 | 15 | | 1 |
| | 2000-2004 | 10 | 10 | | |
| Sarawak | 1970-1979 | na | | | |
| | 1980-1989 | 2 | 2 | | |
| | 1990-1999 | 6 | 4 | | |
| | 2000-2004 | 4 | 3 | | |
| Perlis | 1970-1979 | 1 | | 1 | |
| | 1980-1989 | na | | | |
| | 1990-1999 | 1 | | | 1 |
| | 2000-2004 | na | | | |
| Sabah | 1970-1979 | 1 | 1 | | |
| | 1980-1989 | na | | | |
| | 1990-1999 | 24 | 11 | | 3 |
| | 2000-2004 | 3 | 1 | | |
| Terengganu | 1970-1979 | na | | | |
| | 1980-1989 | 1 | 1 | | |
| | 1990-1999 | 5 | 2 | | 3 |
| | 2000-2004 | 2 | 2 | | |
| Kuala Lumpur | 1979-1979 | 3 | 2 | | |
| | 1980-1989 | 12 | 8 | | 1 |
| | 1990-1999 | 54 | 36 | 2 | 4 |
| | 2000-2004 | 14 | 6 | | |

(Sumber: Jabatan Kerja Raya Malaysia, 2009)



Rajah 1.1 : Peta persediaan tanah runtuh di Semenanjung Malaysia

(Sumber : Jabatan Kerja Raya Malaysia, 2009)

1.2.1 Peningkatan kejadian kegagalan cerun

Keperluan terhadap pembangunan terutama bagi tujuan pengembangan atau perluasan kawasan bandar, petempatan dan industri telah mendesak pembangunan gunatanah di kawasan yang bercerun, berbukit dan tanah tinggi. Keperluan terhadap input dan bahan asas untuk menyokong pembangunan ini mendesak kepada pengeksploitan dan pengeluaran sumber asli dari kawasan tanah tinggi. Penerokaan dan perubahan guna tanah di kawasan berkenaan dalam usaha memenuhi keperluan

menghasilkan pelbagai impak negatif kepada manusia, hidupan dan alam sekitarnya dalam jangka masa pendek dan panjang. Perancangan pembangunan di kawasan bukit bukan sahaja mengambil kira kesesuaian fizikal dan kejuruteraan seperti kekuatan dan kestabilan tanah, tetapi juga keperluan fungsi penting kawasan perbukitan dan tanah tinggi tersebut dan kawasan sekitarnya.

Jadual 1.2 dan **Jadual 1.3** menunjukkan rekod kegagalan cerun yang berlaku di Malaysia sejak tahun 1991 hingga 2010 yang dipetik dari akhbar perdana di Malaysia. Kegagalan cerun yang direkodkan di antara tahun 1990- 2010 bukan sahaja melibatkan kerugian harta benda yang banyak malah kehilangan nyawa dan merosakkan ekosistem sesuatu habitat.

Jadual 1.2. Rekod kegagalan cerun di Malaysia

| Tarikh | Kawasan | Kematian | Kerosakan/kerugian |
|------------|--|----------|---------------------|
| 10/12/1991 | Lebuhraya Karak-KL | | Jalanraya rosak |
| 21/10/1993 | Pantai Remis | | |
| 13/11/1993 | Lebuhraya Karak Bentong | | Jalanraya rosak |
| 28/11/1993 | Km 63 Lebuhraya KL-Karak | 2 mati | Jalanraya rosak |
| 11/12/1993 | Block Highland Tower, Ampang | 48 mati | 2 pangsapuri runtuh |
| 15/12/1993 | Kuala Lipis | | 9 kereta tertimbus |
| 22/03/1994 | Pine Resort, Bukit Fraser | | Apartmen rosak |
| 02/05/1994 | Perumahan Puchong Perdana | 3 mati | Rumah roboh |
| 30/06/1995 | Genting Sempah Jalan ke Genting Highlands | 20 mati | 22 cedera |
| Ogos | Jalan KL-Kuala Lipis(Bukit Fraser) | | |
| 06/01/1996 | Gua tempurung, Lebuhraya Utara Selatan | 1 mati | |
| 29/08/1996 | Pos Dipang, Kampar | 35 mati | 9 hilang |
| 10/10/1996 | Km 49 Jalan Ipoh, Kuala Terla, Cameron Highlands | 4 mati | 2 cedera |
| 11/10/1996 | Km 96 Jalan KL-Raub ke Bukit Fraser | | Jalanraya rosak |
| 12/10/1996 | Km 96 Jalan KL-Raub ke Bukit Fraser | | Jalanraya rosak |
| 10/10/1997 | Jalan Batu Kurau Taiping | | Jalanraya rosak |
| 13/02/1997 | Km 4.5 Jalan Tuaran Sabah | | |
| 12/03/1997 | Rmah Panjang KTM Kg Kerinchi | | |

| | | | |
|------------|---|---------|--------------------------------|
| 11/05/1997 | Jalan Pantai Dalam, KL | 1 mati | 4 cedera |
| 28/11/1998 | Bukit Awana Pulau Pinang | | 15 kenderaan tertimbus |
| 12/03/1999 | Taman Ceupacs | | |
| 03/04/1999 | Bukit Fraser | | 10 ribu penduduk terkandas |
| 15/05/1999 | Bukit Antarabagsa, Ulu Klang | | |
| 24/11/1999 | Km 25 Lebuhraya Karak | | |
| 09/01/2000 | Tanah Rata Berinchang, Cameron Higland | | |
| 07/02/2000 | Sandakan, Sabah | | 17 cedera |
| 03/01/2001 | Jalan Ulu Yam dekat Empangan Batu | | |
| 07/01/2001 | Sepanggar Bay, Sabah | | |
| 13/04/2001 | Taman Rawang Perdana | | Rumah rosak |
| 22/09/2001 | Sg. Chinchin km 13 jalan Gombak | 1 mati | |
| 28/12/2001 | Gunung Pulai, Johor | 4 mati | |
| 28/01/2002 | Simunjan, Kuching Sarawak | 16 mati | |
| 20/11/2002 | Taman Hillview, Ampang Jaya | 8 mati | 5 cedera |
| 25/02/2004 | Kg Habu, Cameron Highlands | | Jalanraya rosak |
| 07/07/2004 | Taman Harmonis, Gombak | 1 mati | |
| 05/06/2005 | Jalan Gua Musang-Cameron Highlands | | |
| 04/05/2006 | Sg. Long , Kajang | | |
| 31/05/2006 | Kampung Pasir Ulu Klang, Selangor | | |
| 06/06/2006 | Kg. Pasir Bukit Zoo View | 4 mati | |
| 22/03/2007 | Putrajaya, Persint 9 | | 27 kenderaan tertimbus |
| 22/11/2007 | Km 321 Bukit Berapit | | Sebuah lori tertimbus |
| 26/12/2007 | Kapit, Sarawak | | |
| 30/11/2008 | Km 8 Ulu Yam Perdana Selagor | 2 mati | Sebuah Bangla musnah |
| 04/12/2008 | Berhampiran Bangunan Wisma CIMB, Jalan Semantan, Kuala Lumpur | | 11 kenderaan tertimbus |
| 06/12/2008 | Bukit Antabangsa Ulu Klang, Selangor | 4 mati | Kenderaan dan 14 banglo ranap. |

(Sumber : Ubahsuai daripada Norhazleyana Hazreen Harun, 2006)

Jadual 1.3 : Rekod kegagalan cerun di Semenanjung Malaysia

| Tarikh & Sumber | Lokasi | Jenis bencana & Magnitud | Faktor Penyebab | Kecelakaan |
|---------------------------------|--|-------------------------------------|--|--|
| 29/06/2010 UM, 28/06/2010 | Berdekatan Sekolah Menengah Jenis Kebangsaan (C) Hwa Jin dan Sekolah Rendah Jenis Kebangsaan (C) Cheng Siu (1) dan (2) dengan Jalan Tanjung Labuh-Batu Pahat | Tanah runtuh | Kekurangan pokok untuk mencengkam tanah apabila hujan lebat mengakibatkan banjir lumpur. | -Tiada kemalangan -Mengancam keselamatan pelajar. |
| 29/06/2010 UM, 28/06/2010 | Jalan Nilam, Taman Mewah. Batu Pahat | Tanah runtuh | Hujan lebat berterusan dalam tempoh lama punca berlaku banjir lumpur. | Membahayakan orang ramai, pembinaan tanpa mengikut spesifikasi menyebabkan tembok pecah |
| 26/06/2010 UM, 25/06/2010 | Taman Rumah Merah, Bukit Serindit, Melaka | Tanah runtuh | Tanah runtuh akibat hakisan tanah berlaku di sepanjang tebing bukit 10 meter - Jarak kurang 5m dari rumah penduduk. | Dinding telah retak sehingga ke lantai. Rumah dihempap batu adalah 10 tahun lalu dan kali kedua empat tahun lalu. |
| 20/06/2010 UM, 19/06/2010 | Kampung Chatel, dekat Lata Rek , Kuala Krai, Kelantan. | Tanah runtuh | Peneresan tanah bukit dan hujan | Seorang pekerja kontrak di tapak projek hidroelektrik mati ditimbus tanah runtuh |
| 22/12/2009 UM, 21/12/2009 | Taman Mewah, Bukit Antarabangsa, Hulu Klang | Tanah runtuh | Sistem saliran yang rosak dan paip bocor | Empat nyawa terkorban, 15 cedera dan 14 buah banglo ranap sama sekali. |
| 29/11/2009 UM, 28/12/2010 | Taman Bukti, Seremban. | Tanah runtuh | Musim hujan | Merosakkan struktur rumah. |
| 20/11/2009 UM, 19/11/2010 | Seremban. | Tanah runtuh | -Paip patah -Gangguan bekalan air di kawasan Rasah berpunca daripada paip pecah | Gangguan bekalan air di Taman Rasah, Taman Nuri Indah, Taman Sri Putih, Taman Sri Kamban, Taman |

| | | | | |
|------------------------------|--|--------------|--|--|
| | | | berhampiran Plaza Tol | Bukit Blossom, Taman Thivi Jaya dan Taman Punca Emas, Senawang. |
| 20/11/2009 UM, 19/11/2009 | Flat Taman Cheras, Kajang. | Tanah runtuh | Hujan lebat | -Kenderaan yang remuk di bawah runtuhan. -Tiga buah kereta dan sebuah motosikal rosak dihempap tanah runtuh di lereng bukit belakang flat Taman Cheras Awana. |
| 19/11/2009 UM, 18/11/2009 | Genting Highlands, Cameron Highlands dan Bukit Fraser. | Tanah runtuh | Hujan lebat | 588 pusat pemindahan menempatkan 127,144 mangsa bagi menghadapi kemungkinan bencana itu antara 15 Disember sehingga 15 Januari 2010. |
| 19/11/2009 UM, 18/11/2009 | Taman Mewah, Shah Alam | Tanah runtuh | -Ikatan tanah yang longgar pada cerun yang ditambah semasa pembangunan -Kurang penyelenggaraan. kerosakan sistem perparitan di kawasan cerun -Hujan lebat yang kerap pada Oktober dan November punca kejadian. | 14 rumah mewah di kawasan itu musnah dan lima nyawa terkorban. |
| 10/5/2010 UM, 9/05/2010 | Kampung Tebobon, Kota Kinabalu | Tanah runtuh | Hujan berterusan | Dua buah keluarga di Kampung Tebobon, Menggatal, nyaris maut apabila rumah tertimbus tanah runtuh -Rumah runtuh dan dihanyutkan sejauh lima meter |
| 19/05/2010 UM, | Kampung Cheras, Kuala | Tanah runtuh | Hujan lebat | Tiga blok bangunan terbengkalai kerana terletak |

| | | | | |
|---------------------------------|--|--------------|--|--|
| 18/05/2010 | Lumpur | | | berdekatan tebing sebuah kolam takungan air |
| 10/06/2010 UM, 9/06/2010 | Taman Jindo, Lorong Palas 2E, Luyang, Kota Kinabalu | Tanah runtuh | Bukit di bahagian belakang kawasan perumahan runtuh | Seorang mangsa kerugian RM30,000 - 11 rumah terjejas |
| 27/04/2010 UM, 26/06/2010 | MRSM Bentong | Tanah runtuh | Cerun bukit yang runtuh berhampiran sekolah | Mengancam warga sekolah |
| 30/01/2009 UM, 29/06/2009 | Miri, Sarawak | Tanah runtuh | Hujan | Enam buah rumah musnah dalam dua kejadian tanah runtuh di Kampung Lereng Bukit |
| 4/03/2009 UM, 3/03/2009 | Kuala Pilah | Tanah Runtuh | -Pergerakan tanah -Pokok turut tumbang -Cerun yang runtuh akibat hujan lebat | Lebih 10 lokasi laluan utama Seremban ke Kuala Pilah - beratus-ratus kenderaan terperangkap lebih empat jam -Laluan Kuala Pilah-Johol-Tampin -laluan Rembau-Miku ditutup kepada semua kenderaan kerana tanah runtuh yang membahayakan kepada kenderaan |
| 17/01/2009 UM, 16/01/2009 | Miri, Sarawak | Tanah runtuh | -Pergerakan tanah di atas Bukit Kanada | Dua pekerja sebuah stesen minyak di Jalan Pujut mati tertimbus dalam runtuh tanah berhampiran Bukit Kanada Bekalan elektrik di sebuah perkampungan berdekatan terputus beberapa jam. |
| 23/09/2009 UM, 22/09/2009 | Kuala Lumpur | Tanah runtuh | -Hujan lebat | Laluan susur keluar pusat perangan Genting |

| | | | | |
|---------------------------------|--|--------------|---|---|
| | | | | Highlands menghala ke ibu negara di Kilometer 3.3 ditutup sementara untuk lalu lintas |
| 1/04/2010 UM, 30/03/2010 | Bukit Antarabangsa di Ampang, Hulu Klang | Tanah mendap | Pengerakan tanah | Tiada nyawa menjadi korban atau kerosakan besar harta-benda. |
| 4/12/2009 UM, 3/12/2009 | Ranau, Kota Kinabalu | Tanah runtuh | Runtuhan tanah bercampur lumpur dan ketulan batu besar menghalang kedua-dua arah jalan sejauh 100 meter. | Mengancam keselamatan pengguna jalan raya dan menjejaskan aktiviti pelancongan. |
| 3/12/2009 UM, 2/12/2009 | Ranau, Kota Kinabalu | Tanah runtuh | Runtuhan tanah bercampur lumpur dan ketulan batu besar menutupi kedua-dua arah jalan sejauh 100 meter -Hujan lebat | Ramai pelancong asing terlepas penerbangan di Lapangan Terbang Antarabangsa Kota Kinabalu |
| 12/12/2009 UM, 11/12/2009 | Bukit Pak Apil di Jalan Cherung Lanjut, Terengganu | Tanah runtuh | Puncak bukit ditarah dan diratakan mengalami kesan kemusnahan ekologi disebabkan pembangunan | Sebuah surau dan 20 kediaman Taman Terengganu, Taman Hock Kee Seng dan Wisma Ali Long banjir lumpur akibat pembinaan projek tersebut. |
| 3/02/2010 UM, 2/02/2010 | Kulai Jaya | Tanah runtuh | Kawasan ditutup selama 10 tahun selepas satu kejadian tanah runtuh yang berlaku. | Kawasan rekreasi menerima 200,000 pengunjung dalam tempoh setahun dan kos penyelenggaraan sebelum kejadian mencecah RM1 juta. |
| 3/12/2009 UM, 2/12/2009 | Kuala Berang-Gua Musang, Hulu Terengganu | Tanah runtuh | Runtuhan disebabkan saluran air bawah tanah pecah | -Laluan sejauh lebih 50 km menghubungkan Kuala Berang-Gua Musang Laluan ditutup kepada semua kenderaan kerana faktor keselamatan. |

| | | | | |
|---------------------------------|--|--|---|---|
| 25/01/2009 UM, 24/01/2009 | Kem Balak Kubang Sri Jaya Sdn. Bhd. di Medamit, Limbang | Tanah runtuh | Hujan lebat | Dua pekerja yang mati tertimbus Agilliar, 38, Wilson, 30-an, warga negara Filipina. Lapan pekerja cedera |
| 12/01/2009 UM, 11/01/2009 | Kuching, Sarawak | Tanah runtuh | Hujan berlarutan | 3,773 penduduk daripada 629 buah keluarga dipindahkan ke 25 pusat pemindahan Kampung Suba Buan di Bau |
| 04/11/2009 UM, 3/11/2009 | Bukit Kanching, Kilometer 17 di Jalan Selayang, Rawang | Tanah runtuh | Kerja pembinaan kawasan perumahan | Lebih 80,000 pengguna lalu lintas terkandas apabila laluan ditutup. |
| 15/03/2009 UM, 14/03/2009 | Jabatan Keretapi Negeri Sabah (JKNS) antara Tenom dan Beaufort | Tanah runtuh | Hujan lebat | Stesen kereta api Tanah runtuh dan hakisan di 27 kawasan landasan antara Tenom dan Beaufort |
| 14/04/2010 UM, 13/04/2010 | Kampung Muthiah di Sentul Pasar, Kuala Lumpur | Runtuhan dan mendapan tanah | Kerja-kerja pembinaan belakang rumah penduduk berlaku runtuhan dan mendapan tanah. | -Bunyi bising dan habuk -Risiko jika kren besi yang membawa bahan binaan jatuh ke atas bumbung rumah mereka. |
| 8/05/2010 UM, 7 /05/2010 | Felda Tunggal, Kota Tinggi | Tanah di tebing jalan berkenaan runtuhan. | Struktur tanah lemah dan mudah runtuhan | Bahu jalan semakin sempit dan membahayakan pengguna. |

(Sumber: Ubahsuai dari Utusan Malaysia, (UM))

Jadual 1.4 dan **Jadual 1.5** menunjukkan rekod kegagalan cerun yang berlaku di Pulau Pinang pada tahun 1998 hingga 2010. Mengikut Jadual 1.4 dan 1.5 kegagalan cerun yang direkodkan berlaku lazimnya adalah disebabkan hujan lebat. Secara tidak langsung pencetus kejadian kegagalan cerun adalah hujan lebat yang berterusan dalam beberapa hari.

Jadual 1.4 Rekod kegagalan cerun di Pulau Pinang pada tahun 1998- 2008

| Tarikh | Tempat | Kejadian | Punca |
|-----------------------------------|------------------|---|---|
| 28/11/1998 (UM, 29/11/1998) | Paya Terubong | Runtuhan di Blok 8, Sun Moon City | Hujan lebat dan kecerunan $6^0 > 60^0$ |
| 08/09/2008 (UM,09/09/2008) | Balik Pulau | Berlaku mendapan dan tanah runtuh di Jalan Tun Sardon, Jalan Tangjung Bungah-Batu Feringghi | Hujan Lebat |
| 06/09/2008 (UM, 07/09/2008) | Bukit Bendera | Tanah runtuh | Hujan lebat |
| 09/09/2008 (UM,10/09/2008) | Balik Pulau | Tanah runtuh | Hujan lebat |
| 09/09/2008 (BH,1/09/2008) | Balik Pulau | Tanah runtuh dari cerun bukit kem pusat khidmat negara (Sri Mutiara) | Hujan lebat |
| 22/10/2008 (UM, 23/10/2008) | Paya Terubong | Lereng bukit setinggi 10 meter runtuh | Hujan lebat |

(Sumber: Norhafizah Nawawi, 2009)

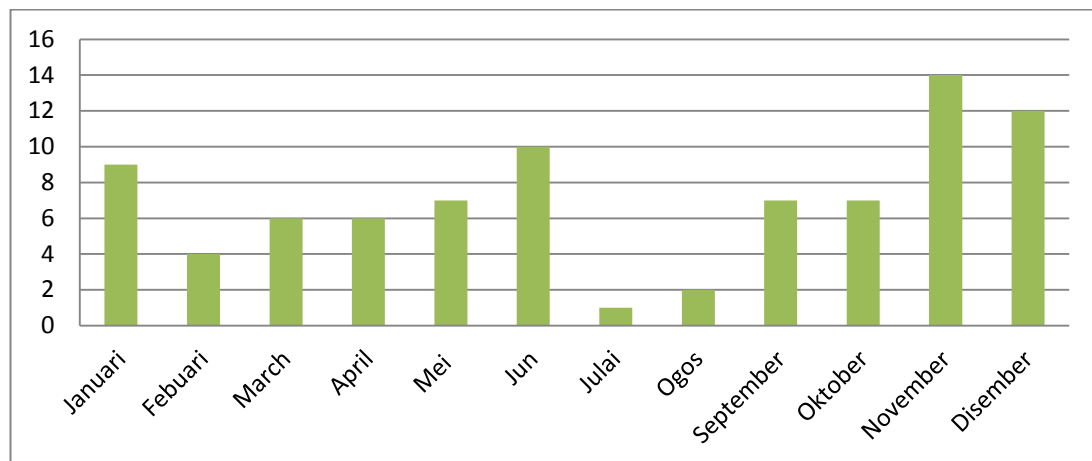
Jadual 1.5: Rekod kegagalan cerun di Pulau Pinang 2009-2010

| Tarikh & Sumber | Lokasi | Jenis Bencana & magnitud | Faktor penyebab | Kecelakaan |
|-------------------------------|---|-------------------------------------|--|--|
| 2 /10/2009 UM, 1/10/2009 | Solok Tan Jit Seng di Tanjung Bungah, Pulau Pinang | Tanah runtuh | Rancangan pembangunan bukit ini sejak Ogos 2006, -Hakisan tanah, ketidak stabilan tanah dan kesan geologikal berbahaya | -Bantahan dari penduduk rancangan pembangunan bukit ini sejak Ogos 2006 - pihak pemaju mendapat kelulusan pada Disember dari pihak berkuasa tempatan. |
| 2 /11/ 2009 UM, 3 /11/2009 | Muzium Perang di Batu Maung | Tanah runtuh | Pembinaan projek perumahan | Kerugian hasil jualan sebanyak 40 peratus -Kes ragut tujuh kali |

| | | | | |
|-------------------------------|---|--------------|------------------------------|-------------------------------------|
| 23 /4/ 2009 UM, 24 /4/2009 | 30 lokasi berisiko tanah runtuh dikesan di sepanjang lima kilometer lalu kenderaan dari Jalan Kebun Bunga menghala ke Bukit Bendera | Tanah runtuh | -Hujan lebat -Hakisan | -Tembok batu RM200,000 runtuh |
|-------------------------------|---|--------------|------------------------------|-------------------------------------|

(Sumber : Ubahsuai dari Utusan Malaysia, UM)

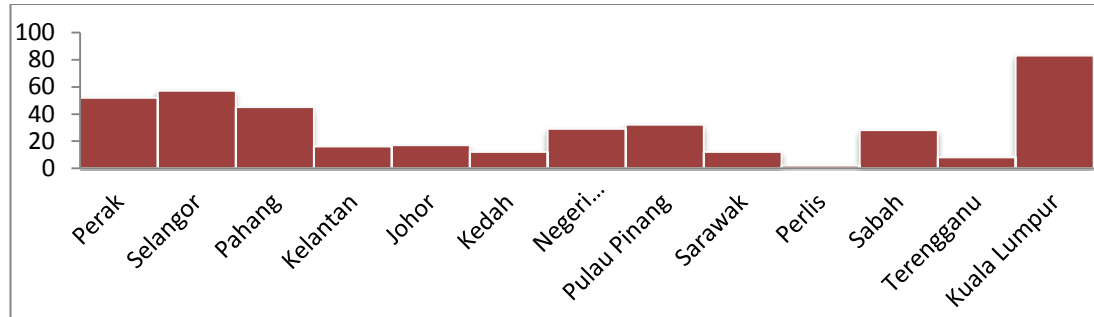
Rajah 1.2 menunjukkan kekerapan kejadian kegagalan cerun mengikut bulan dari tahun 1991 hingga 2010, didapati bulan November dan Disember merekodkan kejadian kegagalan cerun paling tinggi berbanding bulan-bulan lain. Hal ini kerana jumlah hujan yang banyak menjadi pencetus kepada kejadian kegagalan cerun.



Rajah 1.2 : Kekerapan kejadian kegagalan cerun mengikut bulan dari tahun 1991-2010 di Malaysia (Sumber: Diubahsuai dari Utusan Malaysia, 2009)

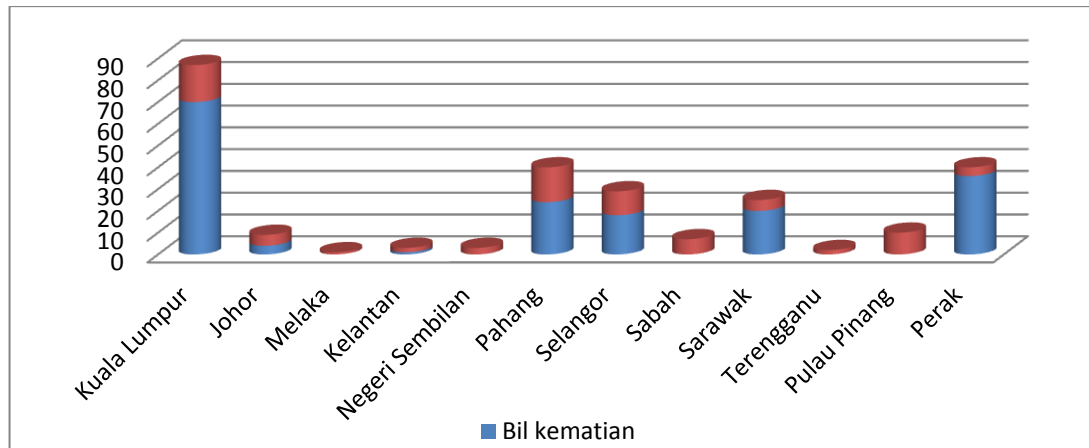
Rajah 1.3 menunjukkan kejadian kegagalan cerun mengikut negeri di Malaysia dari tahun 1970 hingga 2004. Kuala Lumpur merupakan negeri yang mencatat kejadian kegagalan cerun yang terbesar dalam tempoh tersebut. Negeri - negeri lain yang turut

mencatatkan frekuensi yang tinggi iaitu negeri Selangor, Perak, Pahang dan seterusnya Pulau Pinang.



Rajah 1.3 : Frekuensi kegagalan cerun mengikut negeri di Malaysia dari tahun 1970-2004 (Sumber : Diubahsuai dari Jabatan Kerja Raya Malaysia, 2009)

Rajah 1.4 menunjukkan kekerapan kegagalan cerun dan kematian disebabkan kegagalan cerun di Malaysia dari tahun 1991-2010. Kejadian yang paling tinggi adalah negeri Kuala Lumpur, Pahang, Selangor dan Perak. Walaupun kekerapan kejadian kegagalan cerun di Pulau Pinang dari tahun 1991-2010 ialah 10 kali, namun tiada kematian dicatatkan. Kejadian kegagalan cerun di Kuala Lumpur sebanyak 70 kematian yang melibatkan 17 kekerapan. Manakala Pahang pula melibatkan 24 kematian dan 16 kekerapan di Selangor 18 kematian dan 11 kekerapan, Sarawak pula melibatkan 20 kematian dan 5 kekerapan.



Rajah 1.4 : Kegagalan cerun di Malaysia dari tahun 1991-2010

1.2.2 Keperluan kepada teknologi Sistem Maklumat Geografi (GIS) dan Rangkaian Saraf Buatan (ANN) dalam pemetaan kegagalan cerun

Banyak kajian kegagalan cerun yang telah dijalankan oleh pengkaji terdahulu dengan menggunakan GIS. Keupayaan GIS dapat membantu dalam membuat keputusan dengan menggunakan pelbagai jenis analisis. Keputusan yang dibuat dengan menggunakan sistem ini dapat membantu untuk mendapatkan keputusan yang terbaik mengikut kriteria yang telah dipilih.

Ramai pengkaji sebelum ini telah menggunakan GIS dalam kajian kegagalan cerun terutama pengkaji daripada luar negara seperti (Pradhan & Lee, 2010b; Turner *et al.*, 2010; Mantovani, 2010; Das *et al.*, 2010; Clerici *et al.*, 2010; Wang & Lin, 2010 & Kumar *et al.*, 2002). Mereka telah menggunakan GIS untuk mendapatkan keputusan dalam perancangan dan pengurusan bencana. Chen *et al.*, (2011) juga telah menggunakan GIS dalam kajian mereka dengan mengaplikasikan analisis Penilaian Pelbagai Kreteria (MCE) bagi membuat keputusan dalam risiko bencana semulajadi.

Sistem Maklumat Geografi dapat menganalisis kegagalan cerun bagi tujuan memudahkan, mempercepatkan dan ketepatan dalam membantu menangani masalah kegagalan cerun yang berlaku. Pelbagai aspek boleh dinilai seperti meramal potensi, densiti dan kekerapan kejadian kegagalan cerun yang telah berlaku. GIS dapat membantu dalam menganalisis faktor ruangan, tanpa GIS sudah pasti pengenalpastian kawasan berpotensi berlakunya kegagalan cerun sukar dilakukan sebagai amaran awal bagi mengelak bencana yang boleh mengorbankan nyawa dan kehilangan harta benda.

1.3 Matlamat dan objektif kajian

Dari permasalahan yang dinyatakan, matlamat kajian ini dijalankan adalah untuk meramal kawasan yang berpotensi mengalami kejadian kegagalan cerun. Tahap pertama kajian adalah menentukan faktor-faktor ruangan dan memetakannya. Tahap kedua pula adalah membangunkan peta kebolehtahanan kegagalan cerun. Bagi mencapai matlamat yang dinyatakan di atas, beberapa objektif telah digariskan seperti berikut:

1. Mengenalpasti faktor ruangan yang mempengaruhi kegagalan cerun

Pelbagai faktor ruangan yang mempengaruhi kegagalan cerun, keadaan ini bergantung kepada kawasan kajian yang dijalankan. Oleh itu adalah penting menentukan faktor ruangan yang mana yang mempengaruhi kejadian kegagalan cerun. Faktor ruangan ini perlu dikenalpasti untuk melihat tahap kekuatan sumbangan setiap faktor terhadap kejadian kegagalan cerun. Ini adalah penting untuk

mengetahui faktor ruangan mana yang merupakan faktor utama serta faktor lain yang signifikan yang bertindak bersama bagi menyediakan satu keperluan terhadap cara mitigasi sesuatu cerun.

2. Menganalisis ciri-ciri fizikal kegagalan cerun

Pembangunan pangkalan data GIS bagi menganalisis ciri-ciri fizikal yang mempengaruhi kegagalan cerun. Kaedah ini dapat membantu untuk mengenal pasti kawasan yang berpotensi mengalami kegagalan cerun jika mempunyai ciri-ciri fizikal yang sama dengan kawasan yang telah mengalami kegagalan cerun.

3. Memodelkan peta zon kebolehtahanan kegagalan cerun bagi mengenalpasti kawasan yang berpotensi mengalami kegagalan cerun.

Integrasi GIS mampu mengolah data ruangan yang berkaitan dengan kegagalan cerun dan seterusnya diintegrasikan dengan model *Artificial Neural Network* (ANN). ANN boleh menunjukkan tahap signifikan bagi setiap faktor. Ini adalah penting untuk pembangunan peta kebolehtahanan kegagalan cerun. Bagi menghasilkan peta akhir ini, setiap peta faktor yang signifikan dengan tahap sumbangan yang tertentu digabungkan menggunakan analisis tindakan yang diperolehi hasil interpretasi dari model ANN melalui analisis tindakan GIS. Bencana kegagalan cerun biasanya ditunjukkan pada peta bagi memaparkan taburan secara ruangan dari pelbagai kelas iaitu kelas rendah, sederhana, tinggi dan sangat tinggi.

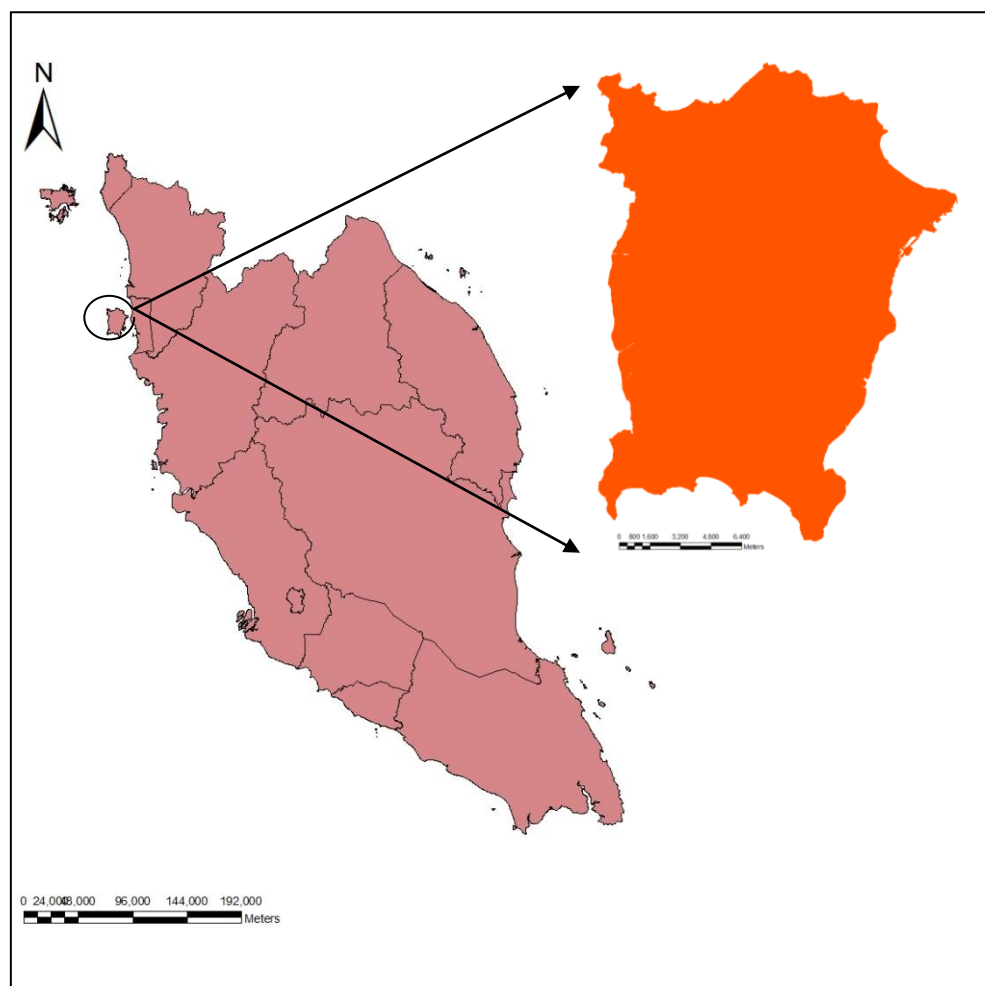
1.4 Skop kajian

Skop kajian yang membatasi negeri Pulau Pinang yang terletak di Selat Melaka. Pulau Pinang telah dipilih sebagai kawasan kajian adalah kerana Pulau Pinang merupakan kawasan yang mempunyai topografi yang berbukit serta antara negeri yang mempunyai populasi penduduk serta pembangunan ekonomi yang pesat berbanding dengan negeri-negeri lain di Malaysia. Hampir 50% daripada Pulau Pinang adalah tanah tinggi. Populasi penduduk yang bertambah banyak projek pembangunan dijalankan bagi menampung penempatan penduduk. Oleh itu kawasan bukit menjadi kawasan yang popular bagi pembangunan disebabkan kekurangan kawasan landai untuk dijadikan kawasan kediaman. Kajian dilakukan hanya pada kegagalan cerun yang berlaku di cerun semulajadi sahaja dan pada cerun potongan, bukan yang berlaku pada cerun tambakan. Perwakilan kegagalan cerun adalah dalam bentuk titik. Jenis kegagalan cerun tidak diambil kira. Faktor bukan ruangan seperti masa berlakunya kegagalan cerun dan jenis kegagalan cerun tidak diambil kira dalam kajian ini.

1.5 Kawasan kajian

Pulau Pinang terletak di Selat Melaka pada garis lintang latitud $5^{\circ} 8' \text{ U} - 5^{\circ} 35' \text{ U}$ dan longitud $100^{\circ} 8' \text{ B} - 100^{\circ} 32' \text{ B}$. Menurut Jabatan Perangkaan Malaysia pada 2009, jumlah penduduk di Pulau Pinang seramai 1.6 juta orang iaitu 5.7% dari anggaran jumlah penduduk Malaysia. Kepadatan penduduk di Pulau Pinang seramai 1508 orang bagi setiap km persegi. Penduduk di Pulau Pinang terdiri daripada bangsa Melayu iaitu seramai 625,700 orang, Cina 659,900 orang dan India 157,500 orang.

Rajah 1.5 menunjukkan kawasan kajian. Pulau Pinang adalah antara kawasan perbandaran terawal di Malaysia yang pesat membangun. Hampir 50 peratus daripada Pulau Pinang adalah tanah tinggi. Populasi penduduk yang bertambah meningkatkan permintaan dan projek pembangunan bagi menampung keperluan penempatan penduduk. Menurut Jabatan Meteorologi pada 2012 suhu Pulau Pinang adalah antara minimum 24.6⁰ C hingga maksimum 33.2⁰C. Pulau Pinang mempunyai suhu yang seragam, kelembapan yang tinggi dan hujan yang banyak. Terdapat pelbagai jenis guna tanah di Pulau Pinang, di antaranya adalah pertanian, pembangunan, penempatan, perindustrian, kemudahan dan pendidikan. Geologi Pulau Pinang sebahagian besarnya terdiri daripada granit dan kuaternari.



Rajah 1.5 : Peta lokasi kawasan kajian

1.6 Kepentingan kajian

Kepentingan kajian ialah dapat menghasilkan peta kebolehtahanan kegagalan cerun secara sistematik, konsisten dan memperbaiki teknik pemetaan kegagalan cerun yang sedia ada. Pemetaan kegagalan cerun berdasarkan rekod sejarah kejadian kegagalan cerun di kawasan kajian bagi mengetahui faktor ruangan yang menyumbang kepada berlakunya kegagalan cerun. Melalui penindanan titik kegagalan cerun dengan faktor ruangan dapat mengenalpasti penyumbang kejadian kegagalan cerun di kawasan kajian.

Selain itu, penggunaan kaedah sistematik yang berintegrasikan dengan GIS bagi meramal kawasan yang berpotensi berlaku kegagalan cerun di kawasan kajian. Selain itu, penggunaan kaedah yang sistematik dapat menilai kestabilan sesuatu cerun terutamanya untuk pembangunan, pemantauan atau bagi tujuan pembaikan sesuatu cerun. Kajian ini juga dapat meningkatkan lagi penggunaan GIS dalam kejadian kegagalan cerun.

Kajian ini juga merupakan sebahagian dari usaha pengurusan bencana kegagalan cerun di Pulau Pinang. Kawasan yang dikenalpasti mempunyai potensi yang tinggi untuk mengalami kegagalan cerun merupakan kawasan bahaya yang mesti dipantau oleh pihak yang terbabit. Dengan mengenalpasti kawasan ini, pemantauan kegagalan cerun dapat dilakukan dengan lebih mudah dan cekap serta menjimatkan masa kerana hanya cerun-cerun tertentu yang berpotensi tinggi untuk gagal sahaja perlu diberi keutamaan untuk dipantau.

1.7 Organisasi penulisan tesis

Tesis ini terdiri daripada enam bab. Bab pertama membincangkan perkara yang berkaitan dengan pengenalan, isu dan permasalahan yang berkaitan kegagalan cerun. Objektif, skop dan kepentingan kajian digariskan supaya kajian yang dilakukan akan mencapai sasaran yang telah ditetapkan.

Bab kedua membincangkan tentang kajian literatur dari pengkaji terdahulu yang dijadikan sebagai asas untuk memahami konsep kegagalan cerun serta model yang telah mereka gunakan dengan bantuan GIS. Pengkaji menerangkan model kegagalan cerun sedia ada dan menilai sejauh mana penggunaan GIS dapat membantu meningkatkan keupayaan analisis ruangan kegagalan cerun.

Bab tiga menghuraikan rangka konseptual secara keseluruhan yang akan digunakan untuk mencapai objektif dan matlamat yang telah digariskan dalam bab pertama. Bab ini juga akan menghuraikan secara terperinci faktor-faktor ruangan yang dicadangkan mempengaruhi kegagalan cerun.

Bab empat pula menghuraikan metodologi secara terperinci serta cara pangkalan data ruangan dibangunkan. Perisian serta perkakasan yang digunakan dalam kajian juga dijelaskan di dalam bab ini. Pangkalan data ini penting bagi tujuan analisis. Pembangunan data dan juga analisis dilakukan untuk mendapatkan output yang tepat.

Bab lima membincangkan bagaimana hasil yang diperolehi daripada analisis yang telah dilakukan. Perbincangan adalah lebih tertumpu kepada hasil kajian. Hasil