

**PEMBANGUNAN MODEL RUANGAN
KEGAGALAN CERUN DI PULAU PINANG,
MALAYSIA**

NURIAH BINTI ABD MAJID

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

2017

**PEMBANGUNAN MODEL RUANGAN
KEGAGALAN CERUN DI PULAU PINANG,
MALAYSIA**

oleh

NURIAH BINTI ABD MAJID

**Tesis yang diserahkan untuk
memenuhi keperluan bagi
Ijazah Doktor Falsafah**

Januari 2017

PENGHARGAAN

Dengan Nama ALLAH Yang Maha Pemurah Lagi Maha Penyayang, 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 dapat menyiapkan tesis ini. Semoga segala usaha yang dijalankan diberkati dan dirahmatiNya. Terlebih dahulu saya ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada penyelia saya iaitu Dr. Wan Mohd Muhiyuddin Wan Ibrahim dan Prof. Dr. Ruslan Rainis di atas tunjuk ajar yang diberikan tanpa mengenal erti jemu. Terima kasih kepada Kementerian Pengajian Tinggi diatas tajaan dalam meneruskan pengajian di peringkat ini. Terima kasih juga kepada geran Mylab/304/humaniti atas bantuan dari segi fasiliti dan kewangan. Terima kasih juga SATREPS telah melibatkan saya sebagai penyelidik bersama bagi projek pembangunan untuk mengurangkan bahaya disebabkan tanah runtuh dan banjir di Malaysia. Terima kasih juga kepada pensyarah di Pusat Pengajian Ilmu Kemanusiaan, bahagian Geografi terutamanya Prof Dr Narimah, Dr Asyirah, Dr. Anisah, En.Aziz dan pensyarah bahagian geografi kesemuanya, yang sudi berkongsi ilmu dan idea yang bermanfaat. Jutaan terima kasih juga kepada keluarga tersayang, terutamanya ibunda Suzana Muhammad, ayahanda Abd Majid Awang dan suami, Khairul Kamarul zaman dan anakanda tersayang Khalis Akid kerana memahami dan selalu memberi sokongan dalam segi moral dan fizikal serta tidak ketinggalan kepada dan individu-individu yang telah membantu secara langsung dan tidak langsung di dalam kajian ini, hanya Allah yang dapat membalas jasa kalian. Sekian, terima kasih.

JADUAL KANDUNGAN

PENGHARGAAN	ii	
JADUAL KANDUNGAN	iii	
SENARAI RAJAH	ix	
SENARAI JADUAL	xiv	
ABSTRAK	xvii	
ABSTRACT	xix	
BAB 1	Pengenalan	
1.1	Pengenalan	1
1.1.1	Latar Belakang Kajian	3
1.1.2	Kegagalan cerun di Malaysia	3
1.1.3	Kegagalan cerun di Pulau Pinang	6
1.2	Penyataan Masalah	7
1.3	Matlamat dan Objektif Kajian	10
1.4	Skop Kajian	11
1.5	Kawasan Kajian	11
1.6	Signifikan Kajian/Kepentingan kajian	14
1.7	Organisasi Penulis Tesis	17
1.8	Kesimpulan	19
BAB 2	SOROTAN LITERATUR	
2.1	Pengenalan	20
2.2	Kegagalan cerun secara teoritikal dan konseptual	21

2.3	Pengkelasan kegagalan cerun	22
2.3.1	Jenis dan klasifikasi	22
2.4	Jenis kegagalan cerun	25
2.4.1	Kegagalan cerun Gelongsoran	25
2.4.1(a)	Kegagalan cerun Putaran	26
2.4.1(b)	Kegagalan cerun Translasi	27
2.4.2	Kegagalan cerun Jatuhan Batuan	28
2.4.3	Kegagalan cerun Tumbang	28
2.4.4	Kegagalan cerun Aliran	30
2.5	Kaedah Analisis Kegagalan Cerun	34
2.5.1	Kaedah penilaian pakar	35
2.5.2	Kaedah statistik	35
2.5.3	Kaedah deterministik	38
2.5.4	Kaedah bebas taburan	39
2.6	Jurang Penyelidikan	43
2.7	Rangka Konsep kajian	44
2.8	Faktor Lokasi	49
2.8.1	Jarak kegagalan cerun ke jalan raya	49
2.8.2	Jarak kegagalan cerun ke lineamen	50
2.8.3	Jarak kegagalan cerun ke saluran	52
2.9	Faktor fizikal	54
2.9.1	Litologi batuan	54
2.9.2	Siri tanih	56
2.9.3	Ketinggian topografi	57

2.9.4	Aspek cerun	59
2.9.5	Kelengkungan cerun	60
2.9.6	Kecuraman cerun	61
2.9.7	Indeks Tumbuhan	62
2.10	Faktor Pencetus - Hujan	64
2.11	Faktor Aktiviti Manusia- Gunatanah	66
2.12	Kesimpulan	68

**BAB 3 PEMBENTUKAN MODEL DAN METODOLOGI
PENYELIDIKAN**

3.1	Pengenalan	69
3.2	Metodologi kajian	69
3.3	Pembangunan pangkalan data	72
3.4	Analisis Penerokaan Corak Taburan	73
3.5	Pembentukan model ruangan	75
3.6	Perlaksanaan Model	78
3.6.1	Multilayer perceptron (MLP)	85
3.7	Model Ruangan	87
3.7.1	Operasi ANN	88
3.7.2	<i>Over-fitting dan Generalisation</i>	90
3.8	Analisis Kepentingan Pembolehubah Bebas	91
3.9	Pengujian Model Ruangan	91
3.10	Analisis Sensitiviti	92
3.11	Kesimpulan	93

BAB 4 PEMBANGUNAN PANGKALAN DATA DAN ANALISIS

RUANGAN

4.1	Pengenalan	94
4.2	Pembangunan Pangkalan Data	94
	4.2.1 Taburan kegagalan cerun	100
	4.2.2 Jalan, Topografi dan Saliran	102
4.3	Analisis Jarak	104
	4.3.1 Jarak taburan kes kegagalan cerun ke jalan raya, sungai dan lineamen	105
	4.3.2 Jarak taburan kegagalan cerun ke jalan	106
	4.3.3 Taburan kegagalan cerun ke saliran	108
	4.3.4 Taburan kegagalan cerun ke lineamen	110
4.4.	Penghasilan peta siri tanah, litologi batuan dan gunatanah	111
	4.4.1 Taburan kegagalan cerun mengikut jenis siri tanah	112
	4.4.2 Taburan kegagalan cerun mengikut jenis gunatanah	114
	4.4.3 Taburan kegagalan cerun mengikut jenis litologi batuan	116
4.5	Analisis <i>Terrain</i>	118
	4.5.1 Taburan kegagalan cerun berdasarkan kelengkungan cerun	118
	4.5.2 Taburan kegagalan cerun berdasarkan ketinggian	120
	4.5.3 Taburan kegagalan cerun berdasarkan kecuraman cerun	122
	4.5.4 Taburan kegagalan cerun berdasarkan aspek cerun	124
4.6	Taburan purata hujan tahunan	126
	4.6.1 Taburan kegagalan cerun berdasarkan purata hujan tahunan	127
4.7	Penghasilan peta NDVI dari TM Landsat	129

4.8	Analisis corak taburan kegagalan cerun	131
4.9	Kesimpulan	140
BAB 5	MODEL RUANGAN PELBAGAI KEGAGALAN CERUN	
5.1	Pengenalan	141
5.2	Ciri-ciri asas pembolehubah ruangan	141
5.3	Model ruangan kegagalan cerun	143
	5.3.1 Model ruangan kegagalan cerun agregat	147
	5.3.2 Model ruangan kegagalan cerun disagregat (pelbagai jenis)	148
5.4	Analisis Terperinci model Yang Terpilih	150
	5.4.1 Kepentingan setiap pembolehubah bebas	154
5.5	Analisis corak ralat	159
5.6	Ramalan kejadian Pelbagai Jenis Kegagalan cerun	166
5.7	Perbincangan model yang terhasil	168
5.8	Kesimpulan	172
BAB 6	KESIMPULAN	
6.1	Pendahuluan	174
6.2	Rumusan penyelidikan	175
6.3	Sumbangan Kepada Ilmu dan Masyarakat	176
6.4	Kelemahan Kajian	177
6.5	Cadangan penyelidikan masa hadapan	178

BIBLIOGRAFI

180

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

SENARAI RAJAH

		Muka surat
Rajah 1.1	Kawasan Kajian	14
Rajah 2.1	Pengelasan susutan darat yang mengambilkira kadar air dan kepantasan dan pergerakan	25
Rajah 2.2	Contoh kejadian jenis kegagalan cerun putaran di Jalan Tun Sardon, Pulau Pinang (Jun 2015)	26
Rajah 2.3	Contoh Pergerakan Jenis Kegagalan Cerun Translasi di Paya Terubong, Pulau Pinang (Ogos 2015)	27
Rajah 2.4	Contoh Pergerakan Jenis Kegagalan Cerun Jatuhan Batuan di Pulau Pinang	28
Rajah 2.5	Contoh Pergerakan Jenis Kegagalan Cerun Tumbang di Pulau Pinang	30
Rajah 2.6	Contoh Pergerakan Kegagalan Cerun Aliran di Pulau Pinang Nov 2016	31
Rajah 2.7	Contoh Pergerakan Kegagalan Cerun Puing, Malaysia Disember 2008	31
Rajah 2.8	Contoh Pergerakan Kegagalan Cerun Aliran Tanah diPulau Pinang Disember 2016	32
Rajah 2.9	Contoh Pergerakan Jenis Kegagalan Cerun Rayapan di Pulau Pinang. Nov 2016	33
Rajah 2.10	Contoh Pengerakan Jenis Kegagalan Cerun Penyebaran Lateral	34

Rajah 2.11	Kerangka konseptual kajian hubungkait antara faktor-faktor yang mempengaruhi kejadian kegagalan cerun	48
Rajah 3.1	Metodologi kajian	71
Rajah 3.2	Carta alir prosedur dalam menghasilkan pemodelan ruangan kegagalan cerun	73
Rajah 3.3	Cara ANN beroperasi	89
Rajah 3.4	Lapisan tersembunyi dalam proses ANN	89
Rajah 3.5	Tahap optimum latihan	90
Rajah 4.1	Carta Aliran Pangkalan Data Dibangunkan	99
Rajah 4.2	Taburan kegagalan cerun dan tiada kegagalan cerun	102
Rajah 4.3	Carta aliran penghasilan peta jalan raya, saliran dan topografi	103
Rajah 4.4	Peta kontor, sungai dan jalan	104
Rajah 4.5	Carta aliran menunjukkan data dalam bentuk garisan	105
Rajah 4.6	Taburan kegagalan cerun mengikut jarak jenis kegagalan cerun ke jalan	107
Rajah 4.7	Taburan kegagalan cerun ke jalan raya	107
Rajah 4.8	Bilangan kegagalan cerun mengikut jarak kegagalan cerun ke saliran	109
Rajah 4.9	Taburan kegagalan cerun ke saliran	109
Rajah 4.10	Graf taburan kegagalan cerun ke lineamen	110
Rajah 4.11	Taburan kes kegagalan cerun ke jarak lineamen	111
Rajah 4.12	Carta aliran penghasilan peta siri tanah, litologi dan	112

	gunatanah	
Rajah 4.13	Graf taburan kes kegagalan cerun mengikut siri tanih	113
Rajah 4.14	Taburan kes kegagalan cerun mengikut siri tanih	114
Rajah 4.15	Taburan kes kegagalan cerun mengikut jenis gunatanah	115
Rajah 4.16	Peta taburan kegagalan cerun berdasarkan jenis gunatanah	116
Rajah 4.17	Graf taburan kegagalan cerun berdasarkan jenis litologi	117
Rajah 4.18	Taburan kes kegagalan cerun berdasarkan litologi	117
Rajah 4.19	Carta aliran penghasilan peta terbitan dari peta topografi	118
Rajah 4.20	Graf taburan kes kegagalan cerun mengikut kelengkungan cerun	119
Rajah 4.21	Taburan kegagalan cerun mengikut kelengkungan cerun	120
Rajah 4.22	Graf taburan kes kegagalan cerun berdasarkan ketinggian topografi	121
Rajah 4.23	Peta taburan kegagalan cerun berdasarkan ketinggian topografi	122
Rajah 4.24	Graf taburan kes kegagalan cerun berdasarkan kecuraman cerun	123
Rajah 4.25	Taburan kegagalan cerun mengikut kecuraman cerun	124
Rajah 4.26	Graf kes kegagalan cerun mengikut aspek cerun	125

Rajah 4.27	Taburan kes kegagalan cerun berdasarkan aspek cerun	126
Rajah 4.28	Carta aliran menunjukkan penghasilan peta purata hujan tahunan	127
Rajah 4.29	Purata hujan tahunan kegagalan cerun	128
Rajah 4.30	Taburan Purata Hujan Tahunan kegagalan cerun	129
Rajah 4.31	Graf taburan kes kegagalan cerun berdasarkan indeks tumbuhan.	130
Rajah 4.32	Taburan kegagalan cerun berdasarkan indeks tumbuhan	131
Rajah 4.33	Taburan Ruangan kegagalan cerun	132
Rajah 4.34	Corak taburan kegagalan cerun	133
Rajah 4.35	Peta taburan kegagalan cerun aliran	134
Rajah 4.36	Corak taburan kegagalan cerun aliran	135
Rajah 4.37	Taburan kegagalan cerun jatuhan batuan	136
Rajah 4.38	Corak taburan kegagalan cerun jatuhan batuan	136
Rajah 4.39	Taburan kegagalan cerun gelongsoran	137
Rajah 4.40	Corak kegagalan cerun gelongsoran	138
Rajah 4.41	Taburan kegagalan cerun tumbang	139
Rajah 4.42	Corak kegagalan cerun tumbang	139
Rajah 5.1	Model ANN kegagalan cerun	146
Rajah 5.2	Graf ketepatan analisis sensitiviti dengan kombinasi sampel yang berlainan	150
Rajah 5.3	Nilai kepentingan pembolehubah bebas	159
Rajah 5.4	Taburan Ruangan Ralat Model Terpilih	160

Rajah 5.5	Corak ruangan Ralat model	161
Rajah 5.6	Peta Ramalan pelbagai Jenis Kegagalan Cerun	167

SENARAI JADUAL

		Muka surat
Jadual 2.1	Pengelasan umum pergerakan cerun yang digunakan	24
Jadual 2.2	Leraian spektrum dan ruang Landsat 5TM	63
Jadual 4.1	Senarai data-data ruangan yang digunakan dalam kajian	97
Jadual 4.2	Senarai jenis kegagalan cerun	101
Jadual 4.3	Bilangan kes kegagalan cerun ke jalan raya	106
Jadual 4.4	Bilangan kes kegagalan cerun ke saluran dan peratusan	108
Jadual 4.5	Bilangan kes kegagalan cerun berdasarkan jarak ke lineamen	110
Jadual 4.6	Jenis siri tanah berdasarkan bilangan kes kegagalan cerun dan peratusan	113
Jadual 4.7	Bilangan kegagalan cerun dan peratusan berdasarkan jenis gunatanah	115
Jadual 4.8	Bilangan kes kegagalan cerun dan peratusan bagi litologi batuan	117
Jadual 4.9	Bilangan kes kegagalan cerun mengikut kelengkungan cerun	119
Jadual 4.10	Bilangan Kegagalan cerun berdasarkan ketinggian topografi	121

Jadual 4.11	Bilangan kes kegagalan cerun berdasarkan kecuraman cerun	123
Jadual 4.12	Bilangan kes kegagalan cerun mengikut aspek cerun	125
Jadual 4.13	Purata hujan tahunan mengikut kes kegagalan cerun	128
Jadual 4.14	NDVI berdasarkan bilangan kes kegagalan cerun dan peratusan	130
Jadual 5.1	Ringkasan data pembolehubah ruangan	142
Jadual 5.2	Ringkasan taburan sampel yang digunakan dalam analisis	143
Jadual 5.3	Maklumat Rangkaian Pemprosesan	145
Jadual 5.4	Model ruangan kegagalan cerun agregat	147
Jadual 5.5	Pengujian ketepatan model ruangan kegagalan cerun agregat	148
Jadual 5.6	Analisis sensitiviti dengan kombinasi sample yang berbeza	149
Jadual 5.7	Ketepatan model ANN Terpilih	152
Jadual 5.8	Ringkasan Operasi Model	153
Jadual 5.9	Penilaian Ketepatan model Meramal Sampel Bebas	154
Jadual 5.10	Kepentingan Pembolehubah Bebas	154
Jadual 5.11	Ralat model mengikut litologi	161

Jadual 5.12	Ralat model mengikut aspek cerun	162
Jadual 5.13	Ralat berdasarkan jarak kegagalan cerun ke saliran	162
Jadual 5.14	Ralat model mengikut jarak kegagalan cerun ke jalan	162
Jadual 5.15	Ralat model mengikut jarak kegagalan cerun ke lineamen	163
Jadual 5.16	Ralat model mengikut jenis siri tanah	163
Jadual 5.17	Corak ralat berdasarkan jenis gunatanah	164
Jadual 5.18	Ralat model mengikut kelengkungan cerun	164
Jadual 5.19	Ralat model mengikut ketinggian topografi	164
Jadual 5.20	Ralat model mengikut kecuraman cerun	165
Jadual 5.21	Ralat model mengikut Purata hujan tahunan	165
Jadual 5.22	Ralat model mengikut indeks tumbuhan	166
Jadual 5.23	Taburan keluasan ramalan mengikut jenis kegagalan cerun	167

PEMBANGUNAN MODEL RUANGAN KEGAGALAN CERUN DI PULAU

PINANG, MALAYSIA

ABSTRAK

Peningkatan populasi seiring dengan perkembangan pembangunan yang kian pesat membangun khususnya di Malaysia mendatangkan pelbagai bencana alam sekitar seperti kegagalan cerun. Peningkatan kejadian kegagalan cerun di Malaysia menyebabkan kemusnahan harta benda, nyawa dan alam sekitar. Sebanyak 700 kes kegagalan cerun telah dilaporkan oleh akhbar sepanjang tahun 2015. Walau bagaimanapun menurut laporan dari Jabatan Kerja Raya pada 2009, sebanyak 440 kes telah dilaporkan dari tahun 1973-2007 yang mana sebanyak 31 kes melibatkan kematian, beratus ribu menanggung kerugian dan beribu orang telah dipindahkan. Kajian ini bertujuan mengenalpasti corak taburan pelbagai jenis kegagalan cerun, seterusnya memodelkan dan menilai ketepatan pelbagai jenis kegagalan cerun menggunakan rangkaian saraf buatan. Kajian ini menggunakan sebanyak 323 lokasi kejadian sebenar kegagalan cerun yang terdiri daripada pelbagai jenis kegagalan cerun yang berbeza (seperti jenis gelongsoran, jatuhan batuan, tumbang dan aliran) serta 323 sampel lokasi tiada kegagalan cerun yang dipilih secara rawak. Sebanyak 12 parameter digunakan untuk membangunkan model ruangan kegagalan cerun. Antara parameter tersebut adalah jarak kegagalan cerun ke saluran, jarak kegagalan cerun ke lineamen, jarak kegagalan cerun ke jalan, siri tanah, litologi, gunatanah, purata hujan tahunan, ketinggian topografi, indeks tumbuhan, kelengkungan cerun, aspek cerun dan

kecuraman cerun. Setiap peta pembolehubah diekstrak bagi mendapatkan atribut setiap pembolehubah yang kemudiannya digabungkan bagi membangunkan satu pangkalan data. Sebanyak 80% data digunakan untuk pembangunan model dan 20% untuk pengujian model. Bagi pembangunan model sebanyak 50% data digunakan untuk latihan, 20% digunakan untuk ujian dan 30% untuk *holdout* iaitu bagi tujuan pengujian dalaman. Sebanyak 80% data daripada keseluruhan data digunakan bagi membentuk model iaitu 50% untuk latihan, 20% ujian dan 30% *holdout* iaitu bagi tujuan pengujian dalaman. Manakala 20% pula digunakan bagi penilaian bebas ketepatan model tersebut. Daripada analisis ANN yang dijalankan, ketepatan bagi latihan, pengujian dan *holdout* masing-masing ialah 80.2%, 81.66% dan 68.1%. Walau bagaimanapun penilaian bebas model ini menghasilkan ketepatan keseluruhan sebanyak 73.85%. Hasil menunjukkan ketepatan keseluruhan model adalah baik. Analisis sensitiviti pula, memaparkan secara amnya tidak menunjukkan perubahan yang ketara apabila kombinasi lokasi dan jumlah data yang berlainan digunakan. Setiap pembolehubah yang mempunyai tahap kepentingan yang berbeza, antara pembolehubah yang mempunyai tahap kepentingan yang paling tinggi adalah indeks tumbuhan, kelengkungan cerun dan kecuraman cerun. Hasil akhir kajian ini adalah sebuah model ruangan pelbagai jenis kegagalan cerun yang diseterusnya digunakan untuk menghasilkan peta ramalan pelbagai jenis kegagalan cerun.

DEVELOPMENT OF SPATIAL MODEL FOR SLOPE FAILURE IN

PULAU PINANG, MALAYSIA

ABSTRACT

The increase in population along with the rapid development particularly in Malaysia had caused various environmental disaster as slope failure. The increased slope failure incidence in Malaysia had led to destruction of property, life and the environment. Statistically, a total of 700 cases of slope failure were reported by the press during the year 2015. However, according to a report from the Public Works Department in 2009, a total of 440 cases were reported from 1973 to 2007 involving 31 deaths, hundreds of thousands in loss and thousands of people were evacuated. This study aims to identify the patterns of various types of slope failure, to model and evaluate the accuracy of various types of slope failure using an Artificial Neural Network. This study used a total of 323 locations of actual slope failure which consists of various different types of slope failures (such as the type of slide, falling rocks, topple and flow) and 323 sample locations of none slope failure selected randomly. A total of 12 parameters were used to develop a spatial model of slope failure. These parameters include distance from slope failure to drainage, distance from slope failure to lineament, distance from slope failure to road, soil series, lithology, land use, average annual rainfall, topographic elevation, vegetation index, slope curvature, slope aspect and slope steepness. Each variable map was extracted to obtain the attributes of each variable that subsequently integrated to develop a database. A total 80% of the data

were used for model development and 20% for testing model. For model development about 50% of the data were used for training, 20% were used for testing model and 30% for holdout. Based on the ANN analysis, the accuracy of the training, testing and holdout is 80.2%, 81.6%, 68.1% respectively. However, an independent model assessment produced an accuracy of 73.85%. The result showed that the overall accuracy of the model is good. The sensitivity analysis showed that there are no significant changes to the result when different combination of location and data were used. Each variable have different level of importance. Among the most important variables are vegetation index, slope curvature and slope steepness. The final result of this study is a spatial model of various types of slope failure, which was used to generate a map of predicted slope failure for study area.

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pengenalan

Sejak akhir-akhir ini, dunia telah mengalami pelbagai bencana alam seperti kegagalan cerun, tsunami, jerebu, banjir, kemarau dan pelbagai lagi bencana yang telah mengancam nyawa, kesihatan dan alam sekitar penduduk. Oleh hal yang demikian terdapat pelbagai kajian penyelidikan yang berkaitan dengan masalah alam sekitar, pengurusan bencana alam sekitar yang giat dijalankan oleh pelbagai institusi kerajaan, badan bukan berkanun dan pelbagai pihak lain yang turut menjalankan penyelidikan bagi mendapatkan penyelesaian. Hal ini ekoran daripada peningkatan jumlah bilangan penduduk yang semakin bertambah, menyebabkan peningkatan permintaan terhadap penempatan yang semakin tinggi.

Kegagalan cerun berupaya meningkatkan ancaman kepada nyawa manusia dan kemusnahan harta benda. Pendedahan kepada pelbagai aktiviti manusia seperti pelancongan, pembangunan, perhutanan dan pembalakan meningkatkan bencana kejadian kegagalan cerun. Menurut Bernama (2015), di Malaysia sebanyak 700 kes kegagalan cerun dilaporkan sepanjang tahun 2015 disebabkan faktor hujan lebat. Menurut Timbalan Menteri Kerja Raya, (2015) sebanyak 410 kes kegagalan cerun berlaku di koridor jalan persekutuan dan 290 di jalan negeri. Namun demikian berdasarkan peta bahaya dan risiko cerun yang dihasilkan oleh JKR, terdapat 4851 cerun di sepanjang jalan persekutuan dan lebuh raya di kategorikan berisiko tinggi di seluruh Negara pada tahun 2009.

Bagi negara yang pesat membangun seperti Malaysia pelbagai aktiviti penerokaan, penebangan hutan untuk pertanian, perumahan dan pembinaan infrastuktur dan sebagainya sedang giat dijalankan. Penebangan hutan dan pembalakan yang berleluasa menyebabkan tanah terdedah kepada agen hakisan menyebabkan struktur tanah yang longgar dan tidak stabil kerana kurangnya tanaman penutup bumi yang berfungsi sebagai penahan hakisan semulajadi.

Selain itu, aktiviti penggondolan bukit di kawasan tanah tinggi bagi pembangunan, pembinaan perumahan, dan hotel juga boleh menyebabkan kejadian kegagalan cerun. Penggondolan bukit yang tidak mengambil kira faktor-faktor seperti sudut kecuraman cerun, kekuatan tanah dan batuan mengakibatkan struktur menjadi lemah dan tidak stabil seterusnya menyebabkan gelongsoran tanah.

Permintaan dalam pembangunan prasarana dan pembinaan bangunan sepanjang dua abad lalu di Malaysia terutamanya di bandar telah menggalakkan pembangunan di kawasan baru yang telah menular ke kawasan tanah tinggi (JKR, 2009). Hal ini menyebabkan kejadian kegagalan cerun semakin meningkat. Pertambahan projek pembangunan dan perumahan yang dibina di kawasan berbukit, sememangnya tidak terkecuali daripada pembinaan platform bangunan. Pengorekan tanah untuk pembinaan platform tersebut menyebabkan ketidakstabilan geoteknik yang mengakibatkan banyak malapetaka gelinciran tanah telah membawa kepada pelbagai kajian dalam kegagalan cerun seperti kesedaran kegagalan cerun, pengurusan kegagalan cerun dan pemetaan kegagalan cerun.

1.1.1 Latar Belakang Kajian

Kegagalan cerun merupakan suatu bencana alam yang menyebabkan kerugian harta benda, meragut nyawa dan kemusnahan alam sekitar. Menurut Tjia (1978) kegagalan cerun ditakrifkan sebagai pergerakan jisim tanah dan puing batuan yang besar menuruni bukit kerana tindakan graviti. Kegagalan cerun melibatkan jisim bahan yang besar berlaku dengan amat pantas menyebabkan bahaya kerana kerosakan besar yang boleh berlaku terhadap harta benda dan nyawa. Kegagalan cerun yang sering melanda banyak negara lazimnya di kawasan yang berbukit, kawasan yang terdedah dengan pelbagai unsur alam sekitar yang menyebabkan kawasan yang terdedah kepada aliran air hujan yang berpanjangan. Hal ini akan menyebabkan masalah kepada alam sekitar, apabila keadaan ini mengganggu ekosistem alam sekitar. Justeru, peningkatan kejadian kegagalan cerun akan mengundang kepada pelbagai masalah ekoran kawasan tanah tinggi menjadi tumpuan pemaju untuk dibangunkan seperti kajian Kannan *et al.*, (2013); Sharma *et al.*, (2013); dan Alimohammadlou *et al.*, (2013). Kegagalan cerun merupakan suatu fenomena yang kompleks dalam ruang masa hasil daripada interaksi faktor seperti geologi, geomorfologi, fizikal dan manusia (Varnes, 1978; Cruden & Varnes, 1996; Knapen *et al.*, 2006; dan Goetz *et al.*, 2011).

1.1.2 Kegagalan Cerun di Malaysia

Dari pengumpulan data awal rekod peristiwa kegagalan cerun yang dilaporkan tertumpu terutamanya di kawasan pembangunan lereng bukit (JKR, 2009; dan Pradhan & Lee, 2010). Kegagalan cerun terutamanya di sebahagian dari Banjaran

Titawangsa yang menjadi tulang belakang Semenanjung Malaysia. Kawasan ini adalah tertakluk kepada intensiti hujan yang tinggi, terutama semasa musim tengkujuh. Menurut JKR, (2009); Guzzetti *et al.*, (2006); dan Norbazlan & Pradhan, (2014) kejadian kegagalan cerun di kawasan ini disebabkan oleh aktiviti manusia seperti pembangunan perumahan, pertanian atau perlombongan.

Kegagalan cerun paling awal yang direkodkan di Malaysia berlaku pada 7 Disember 1919 yang mengorbankan 12 nyawa (Jaapar, 2006). Selepas negara memperoleh kemerdekaan pada tahun 1957, tragedi yang pertama ialah kejadian kegagalan cerun di Ringlet, Cameron Highlands yang telah berlaku pada 11 Mei 1961. Mangsa seramai 700 orang, namun 30 orang telah diselamatkan dengan bantuan jentolak dan 16 orang telah terkorban dalam kejadian berkenaan (JKR, 2009).

Kejadian kegagalan cerun dalam tragedi Highland Tower pada Disember 1993 yang mengorbankan 48 nyawa meninggalkan kesan yang besar kepada negara (Sinar Harian, 2013). Walau bagaimanapun kematian paling tinggi yang dilaporkan bagi kejadian kegagalan cerun adalah pada 26 Disember 1996 apabila aliran puing yang berpunca dari oleh Ribut Tropika 'Gregg' telah meranapkan beberapa kampung di Keningau, Sabah dan mengorbankan 302 nyawa (Bernama,2011). Menurut JKR, (2009) inventori kegagalan cerun sejak 1973- 2007 melibatkan RM15 juta dan 502 orang kematian.

Menurut JKR (2009), gelongsoran tanah yang berlaku dalam tempoh 34 tahun dari 1974 sehingga tahun 2008 telah mengakibatkan kerugian ekonomi yang ditanggung

negara adalah RM3 billion. Data daripada Jabatan Kerja Raya menunjukkan kejadian kegagalan cerun banyak berlaku sekitar 1990, 1995 dan 1996 (Bernama, 2011).

Kejadian kegagalan di Malaysia sememangnya tidak asing lagi bagi masyarakat di Malaysia. Kegagalan cerun di Malaysia kerap berlaku yang terbaru pada tahun 2000, 2004, 2007, 2008, 2015 dan 2016. Kemusnahan dan kerugian yang ditanggung secara berkala sangat besar. Kegagalan cerun di Malaysia lazimnya adalah disebabkan hujan tropika (Pradhan, 2013; Simon *et al.*, 2009; Wan Mohd Muhiyuddin, 2005). Sejarah kegagalan cerun dapat pertimbangan dalam perancangan gunatanah dan analisis kestabilan cerun. Setakat ini, beberapa percubaan untuk meramalkan kegagalan cerun dan mengelakkan kemusnahan akibat kegagalan cerun telah dilakukan. Kegagalan cerun kerap berlaku di Malaysia disebabkan oleh hujan lebat terutama pada musim tengkujuh dicituskan oleh Monsun Barat Daya dari akhir Mei hingga September, dan monson Timur Laut dari bulan November hingga Mac.

Lazimnya antara kawasan yang menjadi tumpuan kajian adalah kawasan yang sering berlakunya kegagalan cerun seperti Cameron Highland, Klang, Karak, Perak dan Pulau Pinang. Kajian kegagalan cerun di Malaysia masih terhad dan tidak banyak seperti di luar negara. Kebanyakan kajian menumpukan kesedaran bencana kegagalan cerun dan pemetaan kegagalan cerun. Kejadian kegagalan cerun yang berlaku di Tringkap Cameron Highland pada 31 Disember 2014 telah mengorbankan seorang lelaki warga Indonesia kerana terperangkap dalam runtuhannya di luar rumah dan seorang wanita yang sarat mengandung beserta anak lelakinya yang berumur setahun (Bharian, 2014). Manakala sebelum itu, pada 6 Nov 2014 seramai 3 maut di Kuala Terla, Cameron Highland juga akibat kegagalan cerun.

Menurut Bernama (2015), kejadian kegagalan cerun pada November 2015 di Lebuhraya Karak pula adalah disebabkan pembalakan yang tidak terkawal di hutan ekoran projek laluan Tenaga Nasional Berhad (TNB) dari Bentong, Pahang ke Lenggeng, Negeri Sembilan yang menyebabkan penggondolan kawasan tanah tinggi sekaligus mengganggu kawasan tadahan air di negeri berkenaan.

Memandangkan terdapat banyak kejadian kegagalan cerun yang membawa kerugian ekonomi dan kehilangan nyawa, maka adalah penting untuk mengenalpasti kawasan berisiko tinggi dan meramal kejadian kegagalan cerun. Oleh yang demikian, Pulau Pinang dipilih sebagai kawasan kajian kerana banyak kejadian kegagalan cerun di negeri ini.

1.1.3 Kegagalan Cerun di Pulau Pinang

Pembangunan yang semakin meningkat seperti di Paya Terubong, Jalan Tun Sardon, Jalan Batu Feringghi dan Bukit Bendera telah mengakibatkan banyak kejadian kegagalan cerun di Pulau Pinang sejak 1980an. Walau bagaimanapun sejarah kegagalan cerun yang paling buruk dilaporkan di kawasan Paya Terubong. Kegagalan cerun di Paya Terubong, Pulau Pinang pada (1998) adalah disebabkan hujan yang lebat pada bukit yang berkecerunan lebih daripada 60 darjah. Di Balik Pulau pada September 2008 berlaku mendapan dan kegagalan cerun di Jalan Tun Sardon, dan Jalan Tanjung Bungah ke Batu Feringghi disebabkan hujan lebat. Selain itu, kegagalan cerun di Bukit Bendera juga pada 2008 disebabkan hujan lebat. Kejadian kegagalan cerun banyak berlaku di kawasan perumahan disebabkan kegagalan perancangan rancangan pembangunan kawasan bukit yang mengakibatkan hakisan tanah, ketidakstabilan tanah dan kesan geologikal yang berbahaya seperti di

Solok Tan Jit Seng di Tanjung Bungah dan di kawasan Muzium Perang di Batu Maung (Bernama, 2009).

Terdapat 30 lokasi berisiko kegagalan cerun dikesan di sepanjang lima kilometer laluan kenderaan dari Jalan Kebun Bunga menghala ke Bukit Bendera. Hujan lebat dan hakisan menyebabkan tembok batu bernilai RM200,000 runtuh (Bernama, 2009). Kejadian kegagalan cerun terkini berlaku pada 2016 di Jalan Tun Sardon yang menyebabkan batuan seberat 20 tan menghempap sebuah kereta yang melalui jalan berkenaan. Jatuhan batuan tersebut sangat serius kerana hampir mengorbankan nyawa sekeluarga dalam kereta berkenaan (Berita Harian, 2016).

1.2 Penyataan Masalah

Menurut Tjia (1987) kegagalan cerun adalah pergerakan akibat tindakan graviti bongkah besar yang terdiri daripada tanah, tanah bercampur batu atau batu sahaja. Di peringkat global, kegagalan cerun menyebabkan kerugian berbilion ringgit nilai kerosakan harta benda, beribu kematian dan kecederaan setiap tahun contohnya kejadian kegagalan cerun terbesar di dunia berlaku semasa 1980 akibat letusan gunung di St.Helen di Pergunungan Cascade, Washington, Amerika Syarikat (Anders *et al.*, 2010). Lantaran itu kejadian kegagalan cerun ini adalah sebagai asas kepada kajian kegagalan cerun yang dilaksanakan.

Kegagalan cerun telah menjadi satu ancaman yang sangat serius dan menimbulkan masalah di Malaysia dan negara lain sejak kebelakangan ini. Fenomena ini telah dipercepatkan oleh perkembangan pesat terutama di kawasan berbukit, pembinaan

lebih raya, aktiviti perlombongan dan ketidakstabilan tebing sungai (Tan, 1996; Poudyal & Chang, 2010). Walau bagaimanapun, aktiviti-aktiviti seperti pembersihan tanah, penambakan dan pemulihan ditubuhkan hanya selepas satu kajian menyeluruh tentang kesan-kesan hakisan tanah berlaku. Di Pulau Pinang Bukit Batu Itam/Bukit Laksamana yang menghubungkan sungai Pinang di Balik Pulau dan Teluk Bahang telah digondolkan dan jelas menunjukkan kawasan bukit itu telah “dibotakkan” (Berita Harian, 2015). Kawasan bukit di tanah besar seperti di Batu Kawan, Seberang Perai Selatan juga turut digondolkan tanpa meninggalkan sebatang pokok disebabkan kerja kuari dan mengambil pasir dari atas bukit. Pihak tersebut tidak lagi menghiraukan Rancangan Struktur Negeri Pulau Pinang 2020 yang diwartakan pada 28 Jun 2007 yang melarang pembangunan di kawasan yang ketinggiannya melebihi 76.2 meter (250 kaki) dari paras laut dan di cerun yang kecerunannya melebihi 25 darjah (Bernama, 2015).

Pembangunan lereng bukit di kawasan bandar dan luar bandar seperti di Kuala Lumpur, Pulau Pinang dan negeri-negeri lain adalah satu topik kebimbangan utama di Malaysia. Kebanyakan tragedi sebahagian besarnya disebabkan oleh kejadian hujan lebat berterusan atau hujan sederhana semasa musim hujan. Nilai hujan masa nyata dalam kawasan yang berbukit boleh menjadi penunjuk tahap risiko kegagalan cerun. Oleh itu, pemantauan kegagalan cerun dan penyelesaian mekanisme adalah sangat penting untuk mencegah dan mengurangkan kesan negatif (Kalkan *et al.*, 2002).

Banyak kajian mengenai kejadian kegagalan cerun yang berlaku bersifat agregat iaitu tidak mengkategorikan pelbagai jenis kegagalan cerun seperti kajian yang dilakukan

oleh Devkota *et al.*, (2013); Goretti (2013); Ramakrishnan *et al.*,(2013) dan Bui *et al.*, (2016). Menurut Hutchinson (1988); Varnes (1978); Cruden & Varnes (1996); Dikau *et al.*, (1996); dan Soeters & Varnes (1996) kegagalan cerun adalah berdasarkan pergerakan dan jenis bahan yang terlibat seperti jatuhan terbalikan, gelinciran, pisahan literal dan aliran yang sesuai dari perspektif kejuruteraan. Namun kajian yang dilakukan sebelum ini tidak mengambil kira aspek pelbagai jenis kegagalan cerun ini.

Begitu juga, pemodelan yang dilakukan sebelum ini adalah bersifat agregat tanpa mempertimbangkan takrifan kegagalan cerun. Oleh demikian, peta kerentanan kegagalan cerun yang terhasil dari pemodelan ini hanya menunjukkan kemungkinan berlaku kegagalan cerun secara umum. Selain itu, pemodelan kegagalan cerun sebelum ini juga tidak mengambilkira jenis-jenis kegagalan cerun yang ada faktor-faktor pencetus yang tersendiri, iaitu faktor dominan yang berbeza dengan setiap jenis kegagalan cerun. Walau bagaimanapun, belum ada kajian pemodelan kegagalan cerun yang di lakukan berdasarkan pelbagai jenis kegagalan cerun, sedangkan setiap kegagalan cerun yang berlaku adalah di sebabkan faktor-faktor berlainan yang dominan dengan jenis runtuh tersebut (Varnes, 1978; Cruden & Varnes, 1996; Pradhan, 2013).

Dalam mengatasi kegagalan cerun pihak berkuasa telah menggunakan kaedah berbeza untuk jenis kegagalan cerun berbeza. Namun kajian dan pemodelan sehingga kini tidak mengambilkira jenis-jenis kegagalan cerun itu. Jadi ini menyukarkan pihak berkuasa untuk menyediakan langkah-langkah kawalan dan pencegahan secara khusus. Pemodelan ruangan kegagalan cerun mengikut jenis runtuh juga dapat

membantu pihak pengurusan bagi mengatasi masalah isu kegagalan cerun dengan lebih spesifik. Hal ini kerana jenis kegagalan cerun berbeza mempunyai cara langkah-langkah kawalan dan pencegahan serta risiko yang berbeza. Sebagai contoh, kegagalan cerun jenis jatuhan batuan mempunyai cara penyelesaian serta risiko yang berbeza berbanding kegagalan cerun jenis gelongsoran. Kajian sebelum ini tidak mengambilkira aspek risiko berdasarkan jenis kegagalan cerun yang berbeza ini, malah mengelompokkan kesemua runtuh sebagai kegagalan cerun. Hal ini akan menimbulkan kesulitan dalam menangani masalah kegagalan yang sering berlaku bukan sahaja di Negara kita saja tapi seluruh dunia. Pemodelan pelbagai jenis kegagalan cerun dapat membantu pihak tertentu dalam menyelenggara cerun berdasarkan jenis kegagalan cerun yang berbeza. Lazimnya risiko runtuh jenis bantuan adalah lebih berisiko tinggi berbanding runtuh jenis gelongsoran dan aliran. Menerusi pemodelan pelbagai jenis kegagalan cerun, langkah kawalan dan pencegahan kegagalan cerun yang komprehensif dapat dilaksanakan.

1.3 Matlamat dan Objektif Kajian

Dari permasalahan yang dinyatakan, matlamat kajian ini dijalankan adalah untuk membangunkan satu model ruangan pelbagai jenis kegagalan cerun. Pemodelan ini mengambilkira mekanisma yang menyebabkan berlakunya jenis kegagalan cerun bagi menghasilkan pemodelan ruangan kegagalan cerun. Kajian yang dilakukan sebelum ini lebih menumpukan titik kegagalan cerun secara umum, tanpa mengambilkira jenis kegagalan cerun. Oleh yang demikian gabungan daripada pelbagai faktor-faktor yang menyebabkan berlakunya kegagalan cerun akan dilakukan bagi menghasilkan pemodelan ruangan berdasarkan pelbagai jenis

kegagalan cerun. Peringkat pertama kajian adalah menentukan faktor-faktor ruangan, mengenal pasti corak taburan dan memetakannya. Peringkat kedua pula adalah membangunkan model ruangan kegagalan cerun. Bagi mencapai matlamat yang dinyatakan di atas, beberapa objektif telah digariskan seperti berikut.

1. Mengenal pasti corak taburan ruangan pelbagai jenis kegagalan cerun.
2. Memodelkan pelbagai jenis kegagalan cerun
3. Menilai ketepatan dan keberkesanan model pelbagai jenis kegagalan cerun yang dihasilkan.

1.4 Skop Kajian

Pemodelan bagi setiap jenis kegagalan cerun akan dimodelkan berdasarkan dapatan data di lapangan. Setiap model memerlukan sekurang-kurangnya 30 sampel dan ke atas bagi menghasilkan model (Gay & Diehl, 1996). Oleh yang demikian hanya jenis kegagalan cerun yang mempunyai 30 kes ke atas akan dimodelkan. Setiap jenis kegagalan cerun akan diwakili dengan objek titik. Lokasi kegagalan cerun dikutip berdasarkan jenis-jenis runtuh. Tempoh data kegagalan cerun dikutip dari tahun 2012 sehingga 2015 yang di lakukan secara berperingkat.

1.5 Kawasan Kajian

Pulau Pinang dipilih sebagai kawasan kajian bagi pembangunan model ruangan pelbagai jenis kegagalan cerun. Kedudukan lokasi kawasan kajian ini di Selat Melaka pada garis lintang latitud $5^{\circ} 8' U$ - $5^{\circ} 35' U$ dan longitud $100^{\circ} 8' B$ - 100°

32'B. Pemilihan kawasan kajian ini adalah disebabkan sejarah kegagalan cerun yang tinggi di Pulau Pinang sejak 1980an. Hal ini kerana Pulau Pinang merupakan salah satu kawasan yang berisiko berlaku kegagalan cerun dan merupakan kawasan yang terlibat dalam pengawasan Pelan Induk Cerun Negara (JKR, 2009). Berdasarkan sejarah kegagalan cerun yang sering melanda di kawasan kajian berikutan dengan pembangunan yang pesat di kawasan tanah tinggi.

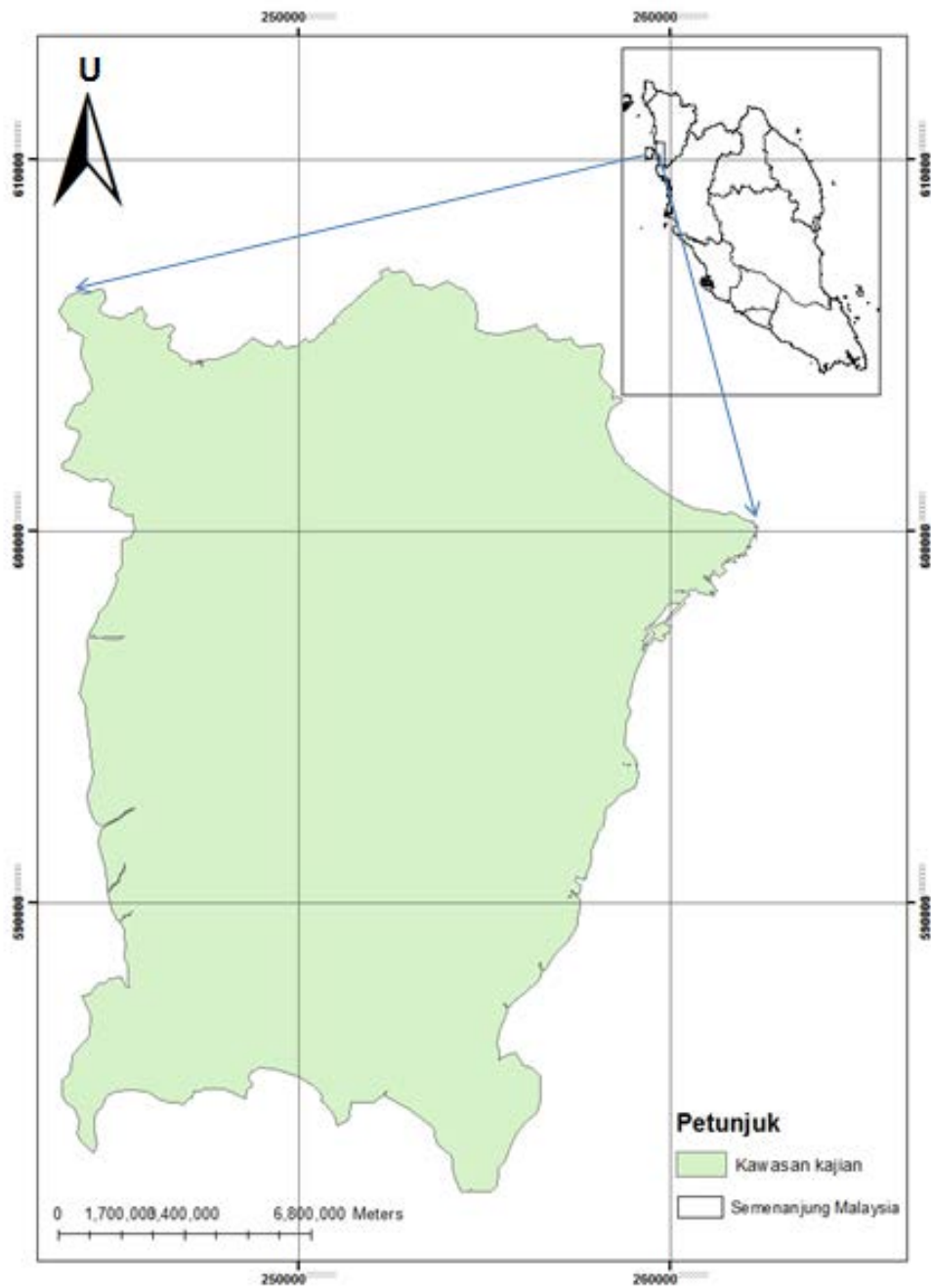
Faktor pemilihan kawasan kajian kedua adalah aspek demografi. Menurut Banci Penduduk 2010 (Jabatan Perangkaan Malaysia, 2013), jumlah penduduk di Pulau Pinang seramai 1.6 juta orang iaitu 5.7% dari anggaran jumlah penduduk Malaysia. Kepadatan penduduk di Pulau Pinang seramai 1,505 orang bagi setiap km persegi. Penduduk yang bertambah meningkatkan permintaan dan projek pembangunan bagi menampung keperluan penempatan penduduk. Rajah 1.1 menunjukkan kawasan kajian. Pulau Pinang adalah antara kawasan perbandaran terawal di Malaysia yang pesat membangun. Purata kadar pertumbuhan penduduk tahunan adalah 2.0 peratus. Hal ini menunjukkan bandar ini dirancang bagi memainkan peranan sebagai pusat wilayah. Oleh itu Pulau Pinang adalah sesuai digunakan dalam kajian kegagalan cerun bagi pembangunan model ruang kegagalan cerun di masa hadapan.

Faktor pemilihan kawasan kajian ketiga adalah disebabkan bentuk muka bumi Pulau Pinang. Secara fizikalnya hampir 50 peratus daripadanya adalah tanah tinggi dan geologi sebahagian besarnya terdiri daripada granit dan kuaternari. Lazimnya kegagalan cerun yang berlaku pada batuan granit gred 4 yang telah terluluhawa dan disebabkan pelbagai faktor-faktor lain. Runtuhan cerun lazimnya dominan dengan jenis batuan granit dan kecerunan yang lebih dari 35 darjah. Selain itu kesan

pemotongan cerun bagi pelbagai pembinaan kemudahan dan infrastuktur juga dapat meningkatkan kejadian kegagalan cerun di kawasan kajian.

Seterusnya pemilihan kawasan kajian juga adalah disebabkan iklim dikawasan kajian. Menurut Jabatan Meteorologi pada 2015 suhu Pulau Pinang adalah antara minimum 24⁰ C hingga maksimum 30⁰ C. Pulau Pinang mempunyai suhu yang seragam, kelembapan yang tinggi dan hujan yang banyak. Kebanyakan sejarah hujan lebat yang berterusan menyebabkan kejadian kegagalan cerun yang semakin meningkat.

Faktor yang membawa kepada pemilihan seterusnya adalah corak gunatanah di Pulau Pinang. Pelbagai jenis gunatanah di Pulau Pinang, diantaranya adalah pertanian, pembangunan, penempatan, perindustrian, kemudahan, pendidikan dan banyak lagi. Pulau Pinang mempunyai kawasan rata yang terhad untuk pembangunan menyebabkan kawasan tanah tinggi dibangunkan.



Rajah 1.1 Kawasan Kajian

1.6 Signifikan/ Kepentingan Kajian

Kebanyakan kajian terdahulu yang telah dilaksanakan adalah lebih menumpukan kepada analisis risiko dan pemetaan kegagalan cerun yang tidak mengambil kira kepelbagaian jenis kegagalan cerun. Pengabaian terhadap faktor jenis kegagalan

cerun akan mempengaruhi ketepatan dalam menganalisis keadaan taburan kegagalan cerun.

Tumpuan kajian sebelum ini adalah menghasilkan model ruangan kegagalan cerun yang lebih baik. Walau bagaimanapun kajian ini lebih mementingkan ketepatan walaupun kejituan adalah agak rendah. Pemodelan yang tidak mengelaskan kepada beberapa jenis dapat meningkatkan peratusan ketepatan berbanding dengan pemodelan yang mengelaskan kepada banyak kategori. Kebanyakan kajian terdahulu mementingkan ketepatan yang tinggi berbanding kejituan yang tinggi. Lazimnya ketepatan tinggi, kejituan akan lebih rendah dan sebaliknya.

Pemetaan kegagalan cerun dilakukan dengan merekod sejarah kegagalan cerun di kawasan kajian bagi mengetahui secara lebih lanjut jenis kegagalan cerun yang berlaku dan faktor ruangan yang menyebabkan kepada kejadian tersebut. Hal ini kerana pembangunan kawasan berbukit ini telah mengubah sifat-sifat fizikal dan proses geologi kawasan. Perubahan tersebut berperanan penting dalam mencetuskan kegagalan cerun (Fei dan Tajul, 2000).

Secara teorinya kegagalan cerun merupakan pergerakan ke bawah bahan-bahan bumi sama ada batuan, tanah atau campuran keduanya pelbagai kedalaman dan kelajuan pergerakan antara beberapa sentimeter dalam masa setahun hingga melebihi 100 km per jam bergantung kepada takungan kandungan air (Sharpe, (1968); Varnes, (1978); Voight dan Sousa, (1994); Jarman, (2006) dan Guthrie *et al.*, (2009). Varnes (1978) mengkelaskan kegagalan cerun berdasarkan pergerakan dan jenis bahan yang terlibat jatuhnya terbalikan, gelinciran, pisanan literal dan aliran yang sesuai dari perspektif kejuruteraan. Kegagalan cerun berlaku dalam semua jenis batuan granit terluluhawa dan lebih relevan dengan keadaan cerun lebih daripada 20⁰. Menurut Chung dan Fabbri (1999) kegagalan cerun adalah disebabkan faktor ruangan. Walau bagaimanapun istilah pergerakan cerun menurut Komoo, (1995) satu fenomena tabii atau cetusan manusia yang sangat kompleks dan kebanyakan runtuhannya di Malaysia dikelaskan kegagalan cerun. Varnes (1978) membezakan lima jenis pergerakan iaitu jatuh, tumbang, gelongsoran, aliran dan rebakan dan juga membahagikan jenis bahan ke dalam batuan dasar, serpihan dan bumi. Pelbagai jenis kegagalan cerun boleh menjadi dibezakan oleh jenis bahan yang terlibat dan cara pergerakan. Hal ini menunjukkan kajian ini adalah tentang pemodelan kepelbagaian jenis kegagalan cerun, yang mana kajian ini adalah ke arah mencapai keperluan teori sediaada.

Selain itu, penggunaan kaedah sistematik yang berintegrasikan dengan sistem maklumat geografi (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. Kawasan yang dikenal pasti mempunyai potensi yang tinggi berdasarkan jenis kegagalan cerun merupakan kawasan bahaya yang mesti dipantau oleh pihak yang terbabit. Pemodelan ruangan pelbagai jenis kegagalan cerun yang dihasilkan dapat menilai jenis kegagalan cerun yang berlaku dan perbezaan antara satu sama lain berdasarkan pelbagai faktor. Menerusi pendekatan ini, ianya dapat membantu menilai risiko disesuatu kawasan kegagalan cerun yang berlaku, sebagai contoh kawasan batuan granit kemungkinan akan berlaku runtuh jenis bantuan besar berbanding berlaku runtuh jenis gelongsoran. Hal ini juga menerangkan risiko runtuh batuan lebih serius daripada jenis- jenis lain.

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 2 juga 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 tiga pula menghuraikan metodologi kajian, cara pembangunan pangkalan data dan pembentukan model ruangan pelbagai jenis kegagalan cerun. Seterusnya bab ini menghuraikan cara pengujian model ruangan dan analisis sensitiviti dibincangkan

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 hasil yang tepat.

Bab lima membincangkan bagaimana hasil yang diperolehi daripada analisis yang telah dilakukan. Perbincangan adalah lebih tertumpu kepada hasil kajian. Hasil yang diperolehi akan dibincangkan dengan lebih terperinci. Akhirnya kegagalan cerun dibangunkan berdasarkan model ANN.

Bab 6 pula adalah bab kesimpulan dan perbincangan tentang tahap pencapaian tesis secara keseluruhan. Sumbangan tesis ini terhadap bidang keilmuan juga dihuraikan. Cadangan tentang kajian seterusnya juga dikemukakan.

1.8 Kesimpulan

Peningkatan populasi di kawasan tanah tinggi menyebabkan kejadian kegagalan cerun di sesuatu tempat meningkat. Oleh yang demikian kajian ini diperlukan bagi menghasilkan pemodelan ruangan kegagalan cerun berdasarkan jenis kegagalan cerun. Kegagalan cerun semakin meningkat terutama di Malaysia ekoran daripada pembangunan yang tidak terancang di kawasan tanah tinggi. Hal ini berlaku apabila hujan yang lebat dan berterusan di kawasan tiada litupan tumbuhan menyebabkan sistem cerun tidak dapat menyokong peningkatan hujan. Pemodelan ruangan kegagalan cerun yang disediakan sebagai informasi yang berguna bagi pihak pengurusan, pembangunan dalam menangani isu kegagalan cerun. Pemodelan ruangan kegagalan cerun yang lebih efektif yang dibentuk adalah berdasarkan jenis runtuh dan faktor yang dominan yang menyebabkan runtuh.

BAB 2

SOROTAN LITERATUR

2.1 Pengenalan

Keperluan pembangunan yang semakin meningkat, memerlukan kawasan untuk dieksploitasi, namun keadaan iklim yang tidak stabil menyebabkan keselamatan alam sekitar terganggu. Penduduk lebih memilih untuk mendiami kawasan sedia ada atau menetap kawasan baru tidak berpenduduk, semakin tinggi jumlah penduduk, maka lebih besar persekitaran geologi dan biomass terganggu, manakala kesan mikroiklim semakin tinggi seperti kajian Turner & Schuster, (1996) dan Maskrey *et al.*, (2009). Hal ini mengundang bencana alam seterusnya mengancam keselamatan nyawa dan harta benda. Lazimnya bencana alam yang berbeza menyebabkan pelbagai senario yang berbeza.

Kegagalan cerun sememangnya tidak asing lagi didengari oleh masyarakat. Walau bagaimanapun terdapat beberapa jenis kegagalan cerun yang lazimnya berlaku di Malaysia antaranya adalah gelongsoran putaran, gelongsoran translasi, runtuh batuan, runtuh tumbang dan runtuh aliran. Jenis kegagalan cerun yang berbeza sudah pasti melibatkan bentuk runtuh dan pergerakan yang berbeza. Oleh yang demikian bagi mengklas dan mengenal pasti jenis runtuh kegagalan cerun ini berdasarkan jenis pergerakan, bahan yang terlibat, aktiviti, dan mekanisme kegagalan cerun.

Walaupun bagaimanapun kajian kegagalan cerun bukanlah suatu yang baru, namun isu kegagalan cerun ini sering menjadi muka depan akhbar-akhbar tempatan dalam

melaporkan kejadian kegagalan cerun di negara kita saban hari. Namun demikian kejadian kegagalan cerun yang terjadi ini sudah pasti banyak meninggalkan kesan-kesan negatif kepada masyarakat, alam sekitar dan negara. Terdapat ramai pengkaji yang tampil memberi pandangan dan mengadakan penyelidikan dalam pelbagai aspek. Oleh yang demikian terdapat pelbagai pendekatan dalam menganalisis kejadian kegagalan cerun. Kajian ini menggunakan pendekatan GIS dan ANN. Kaedah ini mampu menganalisis kejadian kegagalan cerun dengan lebih baik menerusi pemetaan- pemetaan yang dihasilkan dalam kajian ini.

2.2 Kegagalan Cerun Secara Teoritikal dan Konseptual

Kegagalan cerun merupakan satu proses geomorfologi yang bertindak ke atas permukaan bumi (eksogen) yang terhasil dari proses degradasi iaitu susutan darat. Susutan darat pula merupakan pergerakan batu besar terdiri daripada tanah, tanah bercampur batu atau batu sahaja akibat tindakan graviti (Tjia, 1987).

Kegagalan cerun merupakan pergerakan ke bawah bahan-bahan bumi sama ada batuan, tanah atau campuran keduanya pelbagai kedalaman dan kelajuan pergerakan antara beberapa sentimeter dalam masa setahun hingga melebihi 100 km sejam bergantung kepada takungan kandungan air (Sharpe, (1968); Varnes, 1978; Buss dan Heim, (1881); Sassa, (1998); Jarman, (2006); Geertsema *et al.*, (2006); dan Guthrie *et al.*, (2009). Varnes (1978) mengelaskan kegagalan cerun berdasarkan pergerakan dan jenis bahan yang terlibat jatuhan terbalikan, gelinciran, pisahan literal dan aliran yang sesuai dari perspektif kejuruteraan. Kegagalan cerun berlaku dalam semua jenis batuan granit terluluhawa dan lebih relevan dengan keadaan cerun $> 20^{\circ}$. Menurut

Chung dan Fabbri (1999) kegagalan cerun adalah disebabkan faktor ruangan. Menurut Komoo, (1995) istilah pergerakan cerun adalah satu fenomena tabii atau cetusan manusia yang sangat kompleks dan kebanyakan runtuhan di Malaysia dikelaskan kegagalan cerun.

2.3 Pengelasan Kegagalan Cerun

Pelbagai definisi telah digunakan untuk istilah kegagalan cerun bergantung kepada objektif penulis. Menurut Cruden, (1991), kegagalan cerun yang ditakrifkan sebagai pergerakan batu, bumi atau serpihan ke cerun. Pengelasan yang paling diterima adalah bahawa yang dicadangkan oleh Varnes, (1978). Pengelasan kegagalan cerun berdasarkan Varnes (1978) dan Cruden & Varnes (1996) pengelasan kegagalan cerun berdasarkan jenis pergerakan dan jenis bahan yang terlibat. Varnes (1978) membezakan lima jenis pergerakan iaitu jatuh, tumbang, gelongsoran, aliran dan rebakan dan juga membahagikan jenis bahan ke dalam batuan dasar, serpihan dan bumi. Pelbagai jenis kegagalan cerun boleh menjadi dibezakan oleh jenis bahan yang terlibat dan cara pergerakan.

2.3.1 Jenis dan Klasifikasi

Jadual 2.1 menunjukkan klasifikasi skema kegagalan cerun menggunakan klasifikasi Varnes (1978) dan dengan mengambil kira pengubahsuaian yang dibuat oleh Cruden dan Varnes, (1996).

Terdapat beberapa jenis pergerakan iaitu jatuhan, terbalikan, gelinciran, aliran dan kompleks. Jenis bahan yang terdapat dalam setiap pergerakan adalah berbeza.

Gelinciran kitar pula berlaku dengan satah kegagalan yang melengkung berbentuk cekung ke atas, biasanya pada bahan liat atau syal yang tebal (Hutchinson, 1968). Jatuhan batuan berlaku kerana permukaan batuan yang curam dan terdapat banyak rekahan. Jatuhan batuan dibentuk melalui tiga tahap iaitu pembentukan rekahan, kemudian rekahan tersebut menjadi semakin besar dan akhirnya jatuhan batuan berlaku kerana bahagian bawah batuan tersebut tidak dapat ditampung.

Batuan, tanah dan serpihan adalah syarat amnya digunakan untuk membezakan bahan-bahan yang terlibat dalam proses kejadian kegagalan cerun itu. Sebagai contoh, perbezaan diantara bumi dan serpihan biasanya dibuat dengan membandingkan peratusan kasar pecahan saiz butiran. Jika berat zarah dengan diameter lebih besar daripada 2 mm adalah kurang daripada 20%, bahan tersebut akan ditakrifkan sebagai tanah; dalam kes yang bertentangan, ia adalah serpihan. Kelajuan pergerakan dan jumlah air yang bercampur dengan bahan yang parameter menengah menentukan beberapa jenis kegagalan cerun. Menyedari jenis kegagalan cerun di kawasan kajian dapat membantu untuk menjelaskan bagaimana dan apakah faktor-faktor menyumbang kepada ketidakstabilan cerun pada masa lalu (Nguyen, 2008).

Jadual 2.1 Pengkelasan umum pergerakan cerun yang digunakan

Jenis Pergerakan	Jenis Bahan			
	Tanah dalam konteks kejuruteraan		Batuan dasar	
	Butir halus	Butir kasar		
Jatuhan	Jatuhan tengah	Jatuhan puing	Jatuhan batuan	
Terbalikan	Terbalikan tanah	Terbalikan puing	Terbalikan batuan	
Gelinciran	Putaran	Gelongsoran tanah	Gelongsoran puing	Gelongsoran batuan
	Translasi	Gelinciran tanah	Gelinciran puing	Gelinciran batuan
Pemisahan mendatar	Pemisahan tanah	Pemisahan puing	Pemisahan batuan	
Aliran	Aliran tanah	Aliran puing	Aliran batuan	
Kompleks	Gabungan dan atau lebih jenis pergerakan asas			

(Sumber : Varnes, 1978)

Kejadian kegagalan cerun adalah salah satu daripada proses susutan darat yang disebabkan oleh ketidakstabilan jisim tanah. Pergerakan dari kawasan yang tinggi ke kawasan rendah disertai aliran air ataupun tidak, akibat daripada tindak balas graviti pergerakan ini semakin pantas. Proses susutan darat adalah proses eksogen yang merangkumi pemindahan batuan, tanah atau campuran keduanya di bawah pengaruh graviti seperti rayapan talus yang melibatkan campuran batuan dan tanah menuruni cerun. Menurut Varnes (1984), susutan darat dikelaskan mengikut kelajuan pergerakan dan kadar air yang dikandungi oleh ketulan yang bergerak tersebut (Rajah 2.1). Pengkelasan susutan darat mengambil kira aliran seperti aliran basah ke kering dan pergerakan perlahan ke pantas yang melibatkan batuan-batuan yang berbeza.