

PENGGUNAAN SISTEM MAKLUMAT GEOGRAFI UNTUK MERAMAL  
KERUNTUHAN CERUN DI PULAU PINANG

FATIMAH SHAFINAZ BTE AHMAD

Tesis ini dikemukakan  
sebagai memenuhi syarat penganugerahan  
ijazah Sarjana Kejuruteraan (Geoteknik)

Fakulti Kejuruteraan Awam  
Universiti Teknologi Malaysia

MEI 2005

**DEDIKASI**

*Buat suami tercinta,*

***Mohamad Faizal bin Mohsin***

*Segala jasa dan pengorbananmu tidak ternilai.....*

*Buat anakanda tersayang,*

***Faiezun bte Mohamad Faizal***

*Sumber inspirasiku.....*

*Buat ayahanda dan bonda yang dikasihi,*

***Hj. Ahmad bin Hassan dan Hajjah Hindon bte Abd. Rahman***

*Doa dan pengorbanan tidak dapat ku balas.....*

*Buat adik-adikku,*

***Mohd. Fasyakireen dan Faizal Shazwan***

*Jadikan kejayaan ini sebagai pendorong kalian.....*

*Serta semua ahli keluarga yang selalu diingati.....*

*Semoga di berkati Allah s.w.t*

## 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 Alhamdulillah, dengan keizinan dan limpah kurnia ALLAH s.w.t., akhirnya penyelidikan ini dapat disempurnakan dengan jayanya. Semoga segala usaha yang dijalankan diberkati dan dirahmati Nya.

Terlebih dahulu, penulis ingin mengucapkan jutaan terima kasih dan penghargaan yang tidak terhingga buat penyelia penyelidikan ini, Prof. Madya Dr. Mohd. Zulkifli bin Mohd. Yunus yang tidak jemu-jemu memberi tunjuk ajar, nasihat serta pandangan mengenai kajian ini.

Di kesempatan ini juga, saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada Prof. Madya Dr. Khairul Anuar bin Kassim dan Dr. Kamarudin bin Ahmad di atas tunjuk ajar dan nasihat yang di hulurkan. Tak lupa juga buat Dr Mahadzer Mahmud dari IKRAM yang menyumbangkan data dalam kajian ini. Terima kasih yang tidak terhingga juga kepada NSF yang membiayai pengajian ini.

Tidak ketinggalan, ucapan terima kasih buat teman-teman dan individu-individu yang telah membantu secara langsung dan tidak langsung di dalam kajian ini. Segala sokongan ikhlas dari kalian semua amatlah di hargai.

Fatimah Shafinaz bte Ahmad,  
UTM Skudai.

## ABSTRAK

Tanah runtuh merupakan bencana yang menyebabkan kehilangan nyawa dan harta benda serta melibatkan analisis kompleks kerana melibatkan pelbagai faktor. Selain dari itu, kaedah konvensional bagi meramal kejadian tanah runtuh mengambil masa lama. Sistem Maklumat Geografi (SMG) digunakan sebagai alatan untuk meramal tanah runtuh 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. Terdapat lapan faktor yang diambil kira bagi meramal kejadian tanah runtuh iaitu hujan, saluran, jenis tanah, kecerunan, air bumi, guna tanah, hakisan dan galian. Penggunaan komputer dipercayai dapat membantu dalam pemetaan tanah runtuh dan SMG merupakan penyelesaian kepada masalah tersebut. Kelebihan penggunaan teknologi ini ialah wujudnya model tanah runtuh dengan pengiraan keputusan dan kemasukan pengubahsuaian. Keunikan SMG ialah kebolehan menggunakan data pelbagai koordinat dan penyatuan model kejuruteraan terutama kejuruteraan awam di mana pengurusan data ruang penting bagi analisis. Secara khusus, kajian ini dibuat bagi membuktikan keupayaan SMG mempersembahkan data dan menganalisa keputusan dalam bentuk peta bagi mengenal pasti kawasan kritikal tanah runtuh. Hasil akhir dalam kajian ini adalah peta tanah runtuh dan antara muka pengguna.

## ABSTRACT

Landslide constitutes one of the major hazards that cause losses of lives and properties which require complex analyses involving multitude of factors. The conventional methods to predict landslide are normally time consuming. Geographical Information System (GIS) is an ideal tool for landslide modelling owing to its versatility in handling large set of data, providing an efficient environment for analysis and displaying result using its powerful set of tools for collecting, storing, monitoring, integrating, manipulating, analysing and displaying geographical data (spatial and attribute data) from the real world. There are eight factors that contribute to landslide such as rainfall, water flow, slope, underground water, land use, erosion and mineral. The increasing usage of computer-based tools is found to be useful in hazard mapping of landslides, and GIS is the one of such significant tools. The main advantage of using this technology is the possibility of improving hazard occurrence models by evaluating their results and adjusting the input variables. The unique feature of GIS is the ability to work with data referenced by vast spatial or geographic coordinates. This study is to proof the ability of GIS to present data and analysis results in map forms in identifying the critical area of landslide. The final results from this research are landslide map and user interface.

**KANDUNGAN**

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xi
	SENARAI RAJAH	xii
	SENARAI SIMBOL	xvii
	SENARAI LAMPIRAN	xix
<b>1</b>	<b>Pengenalan</b>	
	1.1 Pendahuluan	1
	1.2 Penyataan Masalah	7
	1.3 Objektif	8
	1.4 Skop Kajian	8
	1.5 Tujuan Kajian	9
	1.6 Kawasan Kajian	9
	1.7 Pembatasan Kajian	13
	1.8 Aliran Bab	13

<b>2</b>	<b>KAJIAN LITERATUR</b>	
2.1	Pengenalan	15
2.2	Pengenalan Sistem Maklumat Geografi	16
2.2.1	SMG Dalam Dunia IT	19
2.2.2	Model Data	20
2.2.2.1	Model Data Vektor	21
2.2.2.2	Model Data Raster	25
2.2.3	Teknologi Penggerak SMG	26
2.2.3.1	Perkakasan	26
2.2.3.2	Perisian	27
2.2.4	Pengumpulan Data	29
2.2.5	Pangkalan Data SMG	30
2.2.6	Analisis Ruang	34
2.3	Aplikasi Sistem Maklumat Geografi	36
2.4	Aplikasi SMG Dalam Kejuruteraan Awam	37
2.5	Aplikasi SMG Dalam Pemantauan Tanah Runtuh	38
2.6	Pengenalan Tanah Runtuh	40
2.6.1	Peristiwa Tanah Runtuh Di Malaysia	40
2.6.2	Jenis-Jenis Cerun	42
2.6.3	Klasifikasi Kegagalan Cerun	43
2.6.4	Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Kejadian Tanah Runtuh	44
2.7	Kaedah USLE	45
2.7.1	Faktor Hujan (R)	46
2.7.2	Faktor Hakisan Tanah (K)	47
2.7.3	Faktor Kecerunan Tanah (LS)	52
2.7.4	Faktor Tanaman (C)	54
2.7.5	Faktor Pemeliharaan Ciri Tanah (P)	56
2.7.6	Jangkaan Hasil Akhir	57
2.8	Kaedah JKR (SPRS)	58
2.9	Rumusan	61

<b>3</b>	<b>MANIPULASI DATA</b>	
3.1	Pengenalan	62
3.2	Peringkat Pengumpulan Data	64
3.2.1	Proses Pengumpulan Peta Asas	66
3.2.2	Lapisan-Lapisan Peta Kawasan Kajian	68
3.3	Penyuntingan Dan Semakan Data	83
3.4	Permasalahan Data	84
3.5	Penukaran Format Dan Pemprosesan Data Dengan Perisian SMG	85
3.6	Proses Penukaran Format Dari DXF ke ARC	85
3.7	Rumusan	87
<b>4</b>	<b>REKABENTUK DAN PEMBANGUNAN PANGKALAN DATA</b>	
4.1	Pengenalan	88
4.2	Rekebentuk Konseptual	89
4.3	Rekabentuk Logikal	94
4.4	Rekabentuk Pangkalan Data	97
4.5	Rumusan	97
<b>5</b>	<b>ANALISIS KAJIAN</b>	
5.1	Pengenalan	99
5.2	Sistem Pemarkahan Analisis Ruang	100
5.3	Analisis Bagi Taburan Hujan	103
5.4	Analisis Data Saliran	104
5.5	Analisis Data Jenis Tanah	105
5.6	Analisis Data Kecerunan	108
5.7	Analisis Data Air Bumi	111
5.8	Analisis Data Guna Tanah	113
5.9	Analisis Data Hakisan	117



5.10	Analisis Data Galian	121
5.11	Kaedah Analisis Ruang	123
5.12	Rumusan	128
<b>6</b>	<b>HASIL ANALISIS DAN PEMBANGUNAN ANTARA MUKA</b>	
6.1	Pengenalan	129
6.2	Kesahihan Analisis	130
6.3	Antara Muka Pengguna <i>Landslide Information System</i>	137
6.4	Rumusan	145
<b>7</b>	<b>CADANGAN DAN KESIMPULAN</b>	
7.1	Pengenalan	146
7.2	Ringkasan Penyelidikan	146
7.3	Masalah Penyelidikan	148
7.4	Cadangan	149
7.5	Kesimpulan	150
	<b>SENARAI RUJUKAN</b>	152
	<b>LAMPIRAN</b>	163

## SENARAI JADUAL

NO JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Unjuran dan kadar pertumbuhan penduduk di kawasan MPPP 1980-2010	11
1.2	Projek pembangunan kawasan bukit di Pulau Pinang	11
2.1	Nisbah keuntungan kepada kos bergantung bagaimana sistem dan informasi digunakan.	20
2.2	Model hubungan antara rekod	34
2.3	Taburan kandungan hujan yang boleh menyebabkan hakisan di Malaysia	46
2.4	Daya tahan cerun berdasarkan jenis-jenis tanah utama	50
2.5	Kategori struktur jenis tanah	50
2.6	Nilai faktor C bagi tanaman	55
2.7	Nilai faktor C bagi guna tanah	56
2.8	Penukaran faktor (P) bagi kontor dan <i>terracing</i>	57
2.9	Jumlah kehilangan hakisan tanah	57
2.10	Pengkelasan SPRS	58
2.11	Atribut halangan bagi cerun potongan	59
2.12	Atribut halangan bagi cerun tambakan	60
2.13	Atribut Akibat	60
4.1	Jenis-jenis data dalam kajian	95
5.1	Markah keseluruhan pengkelasan tanah runtuh	103
5.2	Pemarkahan taburan hujan harian bagi tanah runtuh	104
5.3	Analisis zon penimbal sungai	104

5.4	Kesesuaian mengikut jenis tanah	107
5.5	Pengkelasan berdasarkan tahap kecerunan	109
5.6	Pemarkahan air bumi kawasan kajian	112
5.7	Pemarkahan untuk data guna tanah	116
5.8	Taburan kandungan hujan yang menyebabkan hakisan	118
5.9	Pemarkahan berdasarkan nilai A bagi kadar hakisan	119
5.10	Pemarkahan mengikut galian	122
5.11	Pengkelasan tanah runtuh	127

## SENARAI RAJAH

NO RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Subsistem-subsistem dalam SMG	2
1.2	Komponen SMG	3
1.3	Kaedah pengumpulan data	4
1.4	Pemandangan sekitar tempat kejadian di Kilometer 39 lebuhraya Kuala Lumpur-Karak pada 30 Jun 1995	6
1.5	Kawasan kajian	10
2.1	Proses pemodelan transformasi dari dunia benar ke SMG	17
2.2	Fenomena dunia benar untuk di aplikasikan ke dalam SMG	18
2.3	Model Spaghetti	22
2.4	Model arka-nod	23
2.5	Model Topologikal	24
2.6	<i>Digital Terrain Model</i> di Nepal	25
2.7	Prosedur rekabentuk pangkalan data	31
2.8	Pangkalan data ruang SMG	32
2.9	Model Data Hirarki	32
2.10	Model Data Rangkaian	33
2.11	Indeks bagi pendekatan kaedah faktor	39
2.12	Hakisan yang terjadi akibat dari hakisan gegeluk	48
2.13	Graf jenis tanah dan kadar penyerapan	49
2.14	Nomograf bagi mendapatkan nilai K bagi faktor hakisan	51
2.15	Nilai faktor kecerunan tanah(LS)	53

3.1	Carta alir metodologi kajian	63
3.2	Proses kemasukan data ruang	65
3.3	Pembahagian peta Pulau Pinang bagi memudahkan proses penyuntingan.	67
3.4	Proses pertindanan data yang telah di imbas dengan peta asas	68
3.5	Peta bagi lapisan kontor di kawasan kajian	69
3.6	Lapisan data saluran bagi kawasan kajian	70
3.7	Lapisan data jaringan jalan raya bagi kawasan kajian	72
3.8	Lapisan data lot tanah bagi kawasan kajian	73
3.9	Peta guna tanah bagi kawasan kajian	75
3.10	Peta jenis tanah bagi kawasan kajian	77
3.11	Data hujan bulan Januari	77
3.12	Data hujan bulan Februari	77
3.13	Data hujan bulan Mac	78
3.14	Data hujan bulan April	78
3.15	Data hujan bulan Mei	78
3.16	Data hujan bulan Jun	78
3.17	Data hujan bulan Julai	78
3.18	Data hujan bulan Ogos	78
3.19	Data hujan bulan September	79
3.20	Data hujan bulan Oktober	79
3.21	Data hujan bulan November	79
3.22	Data hujan bulan Disember	79
3.23	Peta galian kawasan kajian	80
3.24	Peta galian yang mempunyai skala 1 : 2,000,000	81
3.25	Peta sempadan Pulau Pinang	81
3.26	Kawasan tanah runtuh di apartmen Sun Moon City, Paya Terubung	82
3.27	Peta air bumi Pulau Pinang	83
3.28	Proses penyuntingan data	84
3.29	Map Tools	86
3.30	Penukaran format Dxf Ke Arc	86
3.31	Proses penukaran sedang dijalankan	87

4.1	Gambarajah konteks <i>Landslide Information System</i>	90
4.2	Gambarajah 0	91
4.3	Gambarajah peringkat 1	92
4.4	Gambarajah peringkat 2	93
4.5	Gambarajah peringkat 3	94
4.6	Hubungan entiti	98
5.1	Zon Penimbal bagi sungai	105
5.2	Zon Penimbal 50m dan 100m	105
5.3	Hasil analisis SMG setelah operasi boolean dijalankan terhadap data jenis tanah	108
5.4	9 unit model permukaan tanah	109
5.5	Data TIN kawasan sebahagian kawasan kajian	110
5.6	Data Grid kawasan kajian	111
5.7	Hasil analisis bagi kontor	111
5.8	Peta hasil pemarkahan air bumi	112
5.9	Hasil analisis terhadap kawasan guna tanah kawasan kajian	117
5.10	Peta hakisan tanah dari proses USLE	119
5.11	Proses pelenyapan dijalankan	120
5.12	Hasil akhir peta hakisan dari proses pelenyapan	120
5.13	Hasil analisis SMG setelah operasi boolean dijalankan terhadap data galian	123
5.14	Gambaran secara ringkas operasi “ <i>union</i> ”	124
5.15	Proses “ <i>union</i> ”	125
5.16	<i>Query Builder</i>	126
5.17	<i>Calculate</i>	126
5.18	Proses pelenyapan sebelum dan selepas	128
6.1	Peta tanah runtuh bulan Januari	130
6.2	Peta tanah runtuh bulan Februari	131
6.3	Peta tanah runtuh bulan Mac	131
6.4	Peta tanah runtuh bulan April	132
6.5	Peta tanah runtuh bulan Mei	132
6.6	Peta tanah runtuh bulan Jun	133
6.7	Peta tanah runtuh bulan Julai	133

6.8	Peta tanah runtuh bulan Ogos	134
6.9	Peta tanah runtuh bulan September	134
6.10	Peta tanah runtuh bulan Oktober	135
6.11	Peta tanah runtuh bulan November	135
6.12	Peta tanah runtuh bulan Disember	136
6.13	Muka depan paparan sebelum memulakan <i>Landslide Information System</i>	137
6.14	<i>Project Management</i>	137
6.15	Kata Laluan	138
6.16	Landslide Menu	138
6.17	<i>Query Menu</i>	139
6.18	Mukim	139
6.19	Penggunaan <i>Query Builder</i>	140
6.20	Manipulasi lot tanah	141
6.21	Pemilihan taburan hujan	141
6.22	Peta tanah runtuh mengikut kandungan hujan	142
6.23	Data jalan pengkelasan tinggi	143
6.24	Menu <i>pull-down</i> bagi tanah runtuh	143
6.25	Menu <i>pull-down</i> bagi pertanyaan	143
6.26	<i>Query builder</i>	144
6.27	Butang <i>identify</i>	144
6.28	Keputusan <i>identify</i>	144
6.29	Pertanyaan dengan atribut	145

## SENARAI SIMBOL

A	-	Jumlah Hakisan Tanah (m tons/ha)
AAT	-	<i>Arc Attribute Table</i>
AML	-	<i>Arc Macro Language</i>
ATM	-	Angkatan Tentera Malaysia
C	-	Faktor tanaman dan pengurusannya
CAD	-	<i>Computer Aided Drafting</i>
CAMS	-	<i>Computer Assisted Mapping System</i>
CGIA	-	<i>Centre for Geographical Information and Analysis</i>
DFD	-	Data Flow Diagram
DTM	-	Digital Terrain Model
GPS	-	<i>Global Positioning System</i>
IKRAM	-	Institut Kerja Raya Malaysia
IT	-	<i>Information Technology</i>
JAS	-	Jabatan Alam Sekitar
JKR	-	Jabatan Kerja Raya
JPBD	-	Jabatan Perancang Bandar dan Desa
JPS	-	Jabatan Pengairan dan Saliran
JUPEM	-	Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia
K	-	Faktor Hakisan iaitu tekstur, peratusan bahan organik, struktur dan kesan terhadap tanaman
KPKT	-	Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan
L	-	Panjang cerun
LIS	-	<i>Landslide Information System</i>
MIMS	-	<i>Map Information Management System</i>
MPPP	-	Majlis Perbandaran Pulau Pinang



MPSP	-	Majlis Perbandaran Seberang Perai
MRT	-	Malaysian Rectified Triangulation
OO	-	<i>Object-oriented</i>
$\theta$	-	Sudut Kecuraman
P	-	Pemeliharaan ciri tanah iaitu teres, kontor dan sebagainya
$P_a$	-	Purata Hujan Tahunan
PAT	-	<i>Polygon Attribute Table</i>
$Q_s$	-	Unit / kawasan
R	-	Faktor Hujan iaitu kandungan dan kekerapan
RSO	-	<i>Rectified Skew Orthomorphic</i>
S	-	Kecuraman cerun
SMG	-	Sistem Maklumat Geografi
SPRS	-	<i>Slope Priority Ranking System</i>
TIN	-	<i>Triangular Irregular Model</i>
USLE	-	<i>Universal Soil Loss Equation</i>

**SENARAI LAMPIRAN**

<b>LAMPIRAN</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
A	Garis panduan khusus/ piawaiian bagi perancangan dan pembangunan di kawasan berbukit	163

## **BAB 1**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Pendahuluan**

Bidang sains dan teknologi merupakan faktor penting penentu kejayaan proses peralihan Malaysia mencapai matlamat negara maju menjelang wawasan 2020. Lantaran itu, masa yang ada perlu dimanfaatkan sebaik mungkin untuk memastikan matlamat mengejar wawasan itu mampu terlaksana dengan lancar walaupun ia tidak semudah seperti yang dijangkakan.

Di akhir abad ini, pengguna telah dikejutkan dengan pelbagai teknologi moden yang begitu canggih. Seiring dengan era pemodelan teknologi masa kini, pengguna harus bersaing dengan waktu untuk mengkaji sesuatu perkara baru yang sesuai dengan teknologi moden. Selaras dengan kemajuan era Teknologi Maklumat (IT), kerajaan juga berusaha melaksanakan agenda IT membabitkan tiga elemen utama iaitu pembangunan manusia, infrastruktur dan aplikasi.

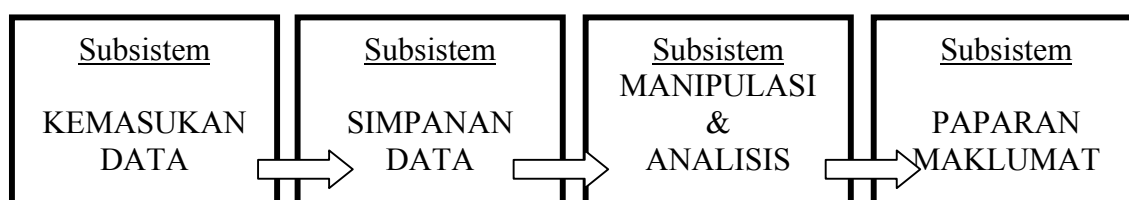
Revolusi maklumat telah membawa perubahan secara menyeluruh dan dramatik kepada cara hidup, bekerja dan melihat dunia. Salah satu topik yang paling hangat diperkatakan ialah Sistem Maklumat Geografi (SMG) yang dikatakan salah satu sistem yang canggih yang mampu menghubungkan data-data geografi dengan data-data atribut. Memandangkan komputer dan bidang Teknologi Maklumat merupakan budaya masa kini, sudah tiba masanya untuk SMG menggantikan prosedur lama yang masih dijalankan secara konvensional. Dengan itu penggunaan

SMG amat penting dalam usaha kerajaan melaksanakan Koridor Raya Multimedia dan kerajaan elektronik.

Association for Geographic Information (AGI)(1994) telah merumuskan bahawa SMG ialah satu sistem bagi dapatan, simpanan, kemas kini, penyatuan, manipulasi, analisis dan paparan data di mana data ruang merupakan rujukan kepada muka bumi.

Secara umum, SMG merupakan satu bentuk khusus yang diguna pakai untuk memproses data geografi bagi menghasilkan maklumat. Maklumat yang dihasilkan melalui SMG biasanya dalam bentuk peta (peta topografi atau peta tematik), model dan juga statistik. Data SMG terbahagi kepada data ruang (dalam bentuk rujukan geografi) dan data bukan ruang (sama ada dalam bentuk tulisan yang menerangkan ruang atau atribut) ( Ghazali Desa, 1999).

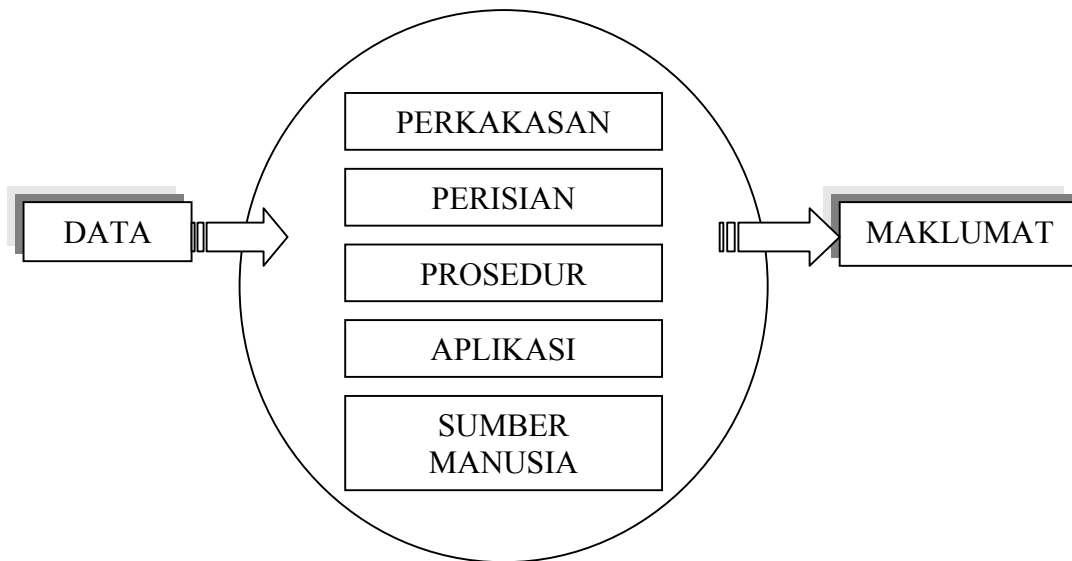
Menurut Foster dan Shand (1990) dalam AGI, SMG boleh dirumuskan kepada empat subsistem iaitu sistem data, simpanan data, manipulasi & analisis data dan paparan data (Rajah 1.1) dan komponen SMG pula merangkumi data, perkakasan, perisian, prosedur, aplikasi, sumber dan maklumat (Rajah 1.2).



**Rajah 1.1** Subsistem-subsistem dalam SMG

Sebagai sebuah sistem maklumat bagi memproses data geografi untuk berbagai tujuan, SMG mempunyai komponen-komponen penting seperti berikut:

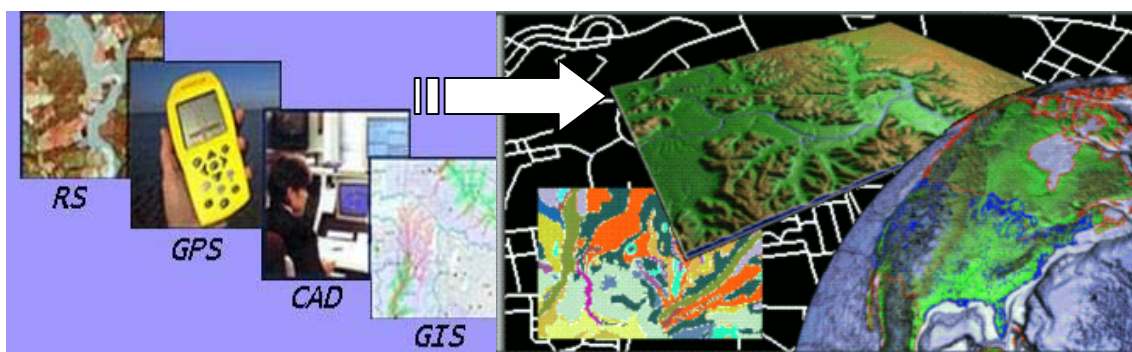
- a) Data– data terdiri dari data ruang dan data bukan ruang (atribut). Data SMG boleh di dapati dari foto udara, peta, imej satelit, rekod, pelan, laporan dan lain-lain. Data-data yang telah diperolehi kemudiannya dimasukkan dengan menggunakan papan kekunci, pengimbas, papan pendigit dan lain-lain.



**Rajah 1.2** Komponen SMG (Ghazali Desa, 1999)

- b) Perkakasan – bagi kemasukan data papan digit, papan kunci dan pengimbas. *computer processing unit* (CPU) digunakan untuk tujuan memproses dan penyimpanan data. Manakala pemelot, pencetak, paparan komputer dan lain-lain digunakan bagi pemaparan data.
- c) Perisian – Microsoft Window, Window NT, UNIX dan lain-lain digunakan sebagai platform dalam sistem pengoperasian manakala Oracle, dBase, Ingre dan lain-lain adalah antara perisian bagi sistem pengurusan pangkalan data. Perisian SMG pula merangkumi ARC/INFO, Mapinfo, Regis, Integraph, Idrisi, Ilwis, Small World dan lain-lain.
- d) Prosedur – Kemasukan data, penyimpanan data, pemprosesan data, pemaparan maklumat, pengurusan sistem, penyenggaraan sistem dan lain-lain (Rajah 1.3).
- e) Aplikasi -Aplikasi SMG boleh di bahagikan kepada beberapa kategori seperti ekonomi, sosial dan ketenteraan. Sebagai contoh aplikasi SMG dalam ekonomi seperti pemaparan taburan guna tanah, pemaparan pelan sesuatu kawasan, pengurusan kualiti air dan pemilikan tanah.
- f) Sumber Manusia – Pengurus SMG, Pengurus Pangkalan Data, Jurutera SMG dan lain-lain.

- g) Maklumat – maklumat pula dalam bentuk peta, model, statistik laporan dan media maklumat.



**Rajah 1.3** Kaedah pengumpulan data

Mengapa SMG Penting Dan Diperlukan? Teknologi SMG merupakan pemangkin yang diperlukan untuk menyelesaikan banyak masalah yang dahulunya menjadi hambatan dan tentangan kepada disiplin-disiplin yang menggunakan data geografi. SMG mengintegrasikan data ruang dengan maklumat dalam satu sistem. Pengguna lebih mudah memanipulasi pengetahuan geografi dengan adanya peta dan maklumat dalam bentuk digital.

Pertambahan populasi dan pembangunan ekonomi negara yang pesat membawa kepada pertambahan projek kejuruteraan yang dijalankan di kawasan bukit-bukau. Sejak kebelakangan ini kejadian tanah runtuh yang berlaku di Malaysia bertambah jika dibandingkan dengan lebih sepuluh tahun lalu. Antara contoh yang dapat dilihat akibat dari kejadian tanah runtuh adalah seperti berikut :

- Pada 11 Disember 1993 – Sebuah dari tiga blok bangunan Pangsapuri Highland Towers di Taman Hill View, Hulu Kelang telah runtuh. Kejadian berpunca daripada perubahan arah laluan air bawah tanah yang membawa kepada pergerakan struktur tanah tapak bangunan tersebut. Seramai 48 orang telah terkorban dalam kejadian tersebut (Berita Harian, 1999).
- Pada 23 Mac 1994 – Dua buah Pangsapuri Pine Resort di kawasan peranginan Bukit Fraser telah runtuh. Kejadian berpunca daripada sumber air bawah tanah yang mengalir berterusan akibat hujan (Utusan Malaysia, 1999).

- Pada 30 Jun 1995 – Seramai 21 orang termasuk seorang bayi berusia lima bulan terbunuh, manakala 19 lagi cedera apabila berpuluh-puluh kenderaan tertimbus dalam kejadian tebing runtuh di jalan menuju Genting Highlands berhampiran Kilometer 39 Lebuhraya Kuala Lumpur-Karak (Rajah 1.4). Akibat dari kejadian tersebut, kenderaan-kenderaan termasuk dua buah bas terperangkap dalam timbunan tanah dan lumpur di atas permukaan jalan (Utusan Malaysia, 1995).
- Pada 28 November 1998 – Tanah runtuh di kawasan perumahan Sun Moon City, Paya Terubong, Pulau Pinang yang membawa blok batuan telah memusnahkan kenderaan awam. Kejadian berpunca dari pergerakan air bawah tanah selepas hujan lebat (The New Strait Times, 1998).
- Pada 15 Mei 1999 – Empat kejadian tanah runtuh di sekitar kondominium Athenaeum, Bukit Antarabangsa, Kuala Lumpur yang menyebabkan 1000 penghuninya terpaksa meninggalkan kondominium tersebut (The New Strait Times, 1999).
- Pada 6 Januari 2001 – Isu kejadian tanah runtuh yang terkini ialah tiga sekeluarga termasuk ibu yang sarat mengandung dan anaknya berusia 14 bulan ditemui berpelukan akibat dari tanah runtuh di Kampung Lok Banau, Sepanggar, Kota Kinabalu. Kejadian tanah runtuh ini dijangka akan berulang kembali berikutan struktur lapisan tanah di bukit berkenaan tidak stabil terutama apabila hujan lebat (Berita Harian, 2001).
- 20 November 2002 – Lapan termasuk isteri, anak, menantu dan cucu termasuk dua pembantu rumah anggota keluarga bekas Panglima Angkatan Tentera Malaysia (ATM), Jeneral (B) Tan Sri Ismail Omar terbunuh dalam tragedi menyayat hati apabila banglonya ranap dihempap tanah runtuh. Kejadian berlaku pada pukul 4.35 pagi di Taman Hillview, Ampang yang terletak 300 meter dari kondominium Highland Tower (Utusan Malaysia, 2002a).
- 25 Januari 2004 – Seorang pelajar terbunuh manakala dua lagi cedera apabila sebuah rumah dihempap ketulan batu dalam kejadian tanah runtuh ekoran hujan lebat di Kampung Podam, Bau, Sarawak (Utusan Malaysia, 2004a).



**Rajah 1.4** Pemandangan sekitar tempat kejadian di kilometer 39 Lebuhraya Kuala Lumpur-Karak pada 30 Jun 1995 (Utusan Malaysia, 1995)

Berdasarkan kepada masalah ini, Pihak Berkuasa Tempatan seperti Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan (KPKT) dengan kerjasama Jabatan Alam Sekitar (JAS), Jabatan Perancang Bandar dan Desa (JPBD), Jabatan Penyiasatan Kaji Bumi, Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS), Institut Kerja Raya Malaysia (IKRAM) serta beberapa jabatan lain telah berbincang mengenai penetapan kriteria-kriteria yang sesuai bagi mengawal pelaksanaan aktiviti pembangunan di kawasan bukit.

Hasil daripada perbincangan tersebut, satu garis panduan kawalan pembangunan di kawasan bukit telah dipertingkatkan. Salah satu kriteria yang diberi perhatian ialah memelihara topografi semula jadi bagi sesuatu projek pembinaan agar kestabilan dan struktur tanah di kawasan bukit terpelihara.

Pemantauan kawasan tanah runtuh akan menjadi rumit jika perancangan, pengurusan dan pelaksanaan tidak dijalankan dengan satu pendekatan yang benar-benar berkesan. Dalam era teknologi yang sedang berkembang dengan begitu pesat, aset yang paling berguna ialah maklumat terkini, tepat dan sahih. Utiliti dan infrastruktur adalah aset utama terkumpul yang mampu menghasilkan maklumat berharga bagi Pihak-Pihak Berkuasa Tempatan (PBT) yang terlibat. Kini sudah tiba



masanya pihak-pihak yang terlibat mengambil langkah positif untuk mempertingkatkan keberkesanan pengurusan data dan perolehan maklumat.

Kebanyakan kejadian tanah runtuh ini berlaku apabila proses pemotongan dan penambakan tanah dijalankan di kebanyakan projek jalan raya dan infrastruktur pembangunan. Apartmen tinggi dan bangunan tepi bukit adalah antara struktur-struktur bangunan yang terdedah kepada risiko kejadian tanah runtuh yang boleh meragut ribuan nyawa dalam sekelip mata. Kawasan berbukit-bukau mengalami ancaman kejadian tanah runtuh akibat dari ketidakstabilan cerun, terutamanya selepas hujan. Justeru itu, langkah-langkah untuk menstabilkan cerun di kawasan berbukit-bukau adalah amat penting.

Analisis tanah runtuh merupakan teknik yang rumit disebabkan oleh pengiraan dan tindanan peta yang kompleks. Dengan menggunakan aplikasi SMG, kajian mengenai tanah runtuh membolehkan pengurusan data atribut yang efektif dan sistematik disamping pemantauan yang berkesan dan dapat dijadikan sebagai rujukan terhadap kejadian tanah runtuh yang akan berlaku di masa hadapan.

## **1.2    Penyataan Masalah**

Dewasa ini, pengetahuan dan kesedaran mengenai pentingnya kajian dan maklumat geologi sebelum sesuatu projek dibangunkan sering diabaikan. Kegagalan memahami kaedah yang betul dalam menentukan kesesuaian bagi projek pembangunan tidak diambil kira dalam perancangan gunatanah.

Kawasan-kawasan yang berpotensi untuk berlaku tanah runtuh tidak diketahui sebelum pembinaan sesuatu pembangunan. Selalunya kejadian tanah runtuh berlaku sebelum, semasa dan selepas pembinaan dijalankan. Ini mengakibatkan kerugian terhadap binaan tersebut malah kerugian yang paling besar ialah bila melibatkan kehilangan nyawa.

Penggunaan SMG masih berkurangan dalam kerja-kerja kejuruteraan terutama kejuruteraan geoteknik di mana kaedah membuat keputusan daripada analisis yang dijalankan masih menggunakan kaedah konvensional. Ini adalah kerana kebanyakan data-data mengenai kejadian tanah runtuh masih disimpan dalam bentuk yang tidak dihubungkan dengan data dalam bentuk geografi. Selain dari itu, data-data mengenai tanah runtuh tidak difahami oleh pengguna biasa kecuali pihak-pihak yang berkaitan tentang kejadian tanah runtuh sahaja.

### **1.3 Objektif**

Berikut merupakan objektif kajian :

- i. Membangunkan satu pangkalan data bagi kawasan kajian di Pulau Pinang.
- ii. Permodelan, penentuan dan pengelasan kawasan yang berpotensi berlakunya kejadian tanah runtuh.
- iii. Menghasilkan peta kawasan yang berpotensi berlakunya tanah runtuh.
- iv. Membina satu antara muka pengguna supaya maklumat kawasan kajian dapat dicapai dengan mudah.

### **1.4 Skop Kajian**

Skop kajian ini meliputi beberapa aspek seperti berikut.

- i. Merekabentuk dan menubuhkan satu pangkalan data ruang dan atribut bagi kawasan kajian di Pulau Pinang menggunakan perisian ARC/INFO.
- ii. Menentukan kawasan-kawasan di Pulau Pinang yang berpotensi berlakunya kejadian tanah runtuh.
- iii. Melaksanakan analisis ruang berdasarkan kawasan kajian dan kemampuan

perisian SMG yang digunakan. Analisis ruang dilakukan dengan menggunakan data-data ruang yang terdapat dalam pangkalan data yang telah dibina.

## **1.5 Tujuan Kajian**

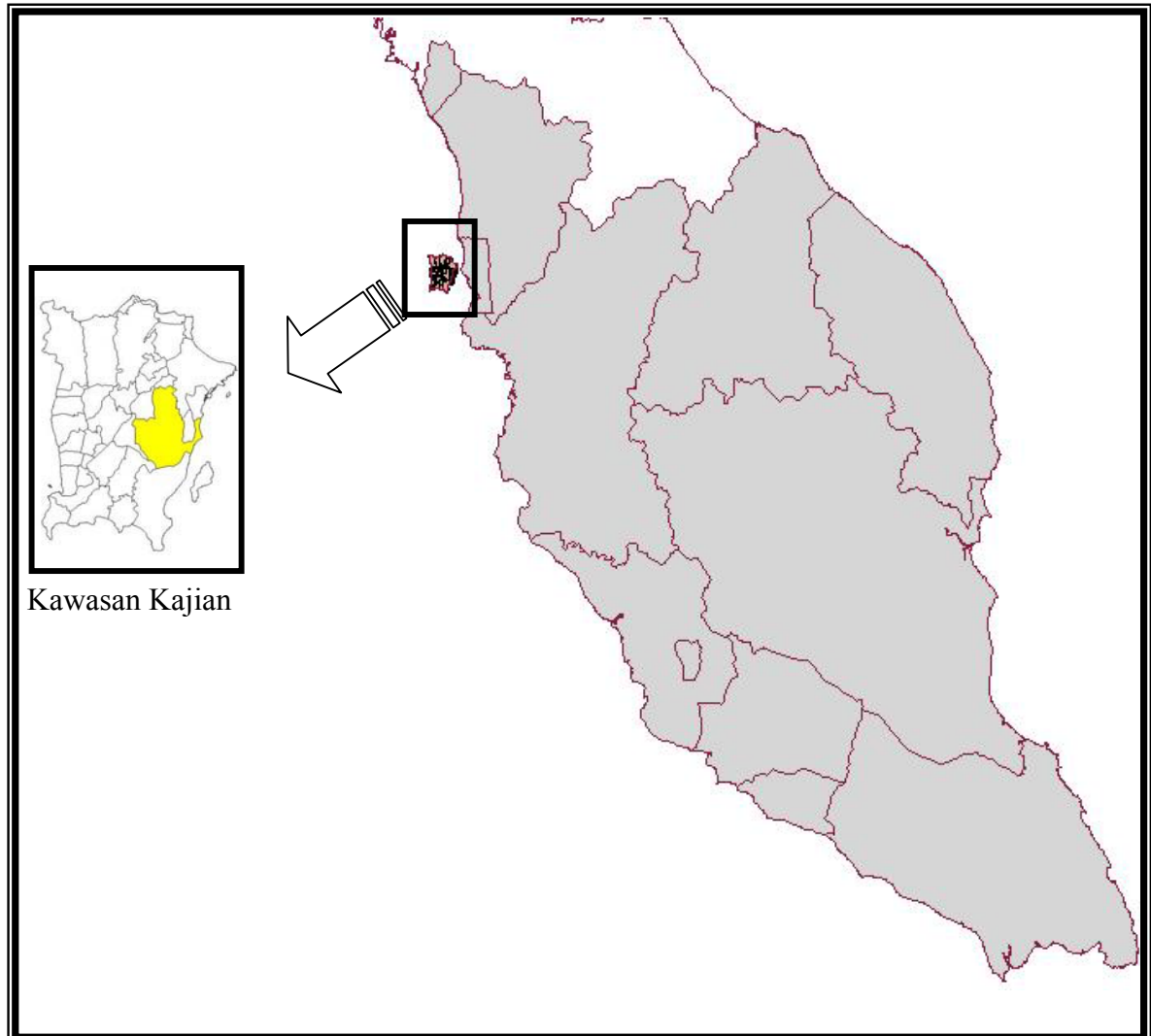
Tujuan kajian ialah untuk mengenalpasti kawasan yang berpotensi berlaku kejadian tanah runtuh dari pemodelan dengan menggunakan perisian SMG. Terdapat pelbagai faktor yang perlu diambil kira dalam menentukan kawasan tanah runtuh di antaranya ialah aras air bumi, kecerunan, pembangunan infrastruktur, jenis tanah, guna tanah, kejadian alam dan faktor alam sekitar. Kajian ini bertujuan untuk menonjolkan kemampuan perisian SMG berbanding dengan kaedah konvensional yang dilakukan oleh agensi yang berkaitan.

## **1.6 Kawasan Kajian**

Kawasan kajian kes yang dipilih adalah Pulau Pinang (Rajah 1.5). Pemilihan berdasarkan kawasan tanah tinggi yang dibangunkan bagi pembinaan perumahan pangsa. Negeri Pulau Pinang merangkumi kawasan seluas 29,965 hektar (299.65 km persegi) terbahagi kepada Daerah Barat Daya dan Daerah Timur Laut. Ianya mempunyai penduduk berjumlah 518,419 orang yang terdiri dari 30.3% Melayu, 57.4% Cina, 9.4% India dan 2.9% lain-lain kaum (Jabatan Perangkaan Malaysia, 1991).

Dalam konteks Wilayah Utara, Pulau Pinang adalah antara kawasan perbandaran yang awal di Malaysia dan hingga kini terus pesat membangun. Keadaan tersebut telah menjadikan Pulau Pinang sebagai nadi pembangunan Wilayah Utara yang meliputi negeri-negeri Kedah, Perak dan Perlis. Pulau Pinang dipisahkan dari Kawasan Majlis Perbandaran Seberang Perai (MPSP) iaitu keseluruhan Seberang

Perai oleh arungan air selebar 3 km di sebelah timurnya. George Town merupakan ibu Negeri Pulau Pinang terletak dalam jarak 6 km dari Butterworth.



**Rajah 1.5** Kawasan kajian

Pulau Pinang telah dipilih sebagai kawasan kajian adalah kerana Pulau Pinang merupakan kawasan yang mempunyai topografi yang berbukit 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. Dengan 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 didiami. Jadual 1.1 dan Jadual

1.2 menunjukkan unjuran dan kadar pertumbuhan penduduk di kawasan MPPP 1980-2010 serta projek pembangunan kawasan bukit di Pulau Pinang.

**Jadual 1.1** : Unjuran dan kadar pertumbuhan penduduk di kawasan Majlis Perbandaran Pulau Pinang 1980-2010 (MPPP, 2000)

Daerah/ Kawasan	Penduduk					
	1980	1991	1995	2000	2005	2010
Timur Laut	391,400	395,232	410,153	435,360	464,400	500,290
Barat Daya	76,390	123,187	140,200	159,910	180,600	200,900
<b>MPPP</b>	<b>467,790</b>	<b>518,419</b>	<b>550,353</b>	<b>595,270</b>	<b>645,000</b>	<b>701,190</b>
Daerah/ Kawasan	Peratusan					
	1991	1995	2000	2005	2010	
Timur Laut	76.3	74.5	73.1	72.0	71.3	
Barat Daya	23.7	25.5	26.9	28.0	28.7	
<b>MPPP</b>	<b>48.7</b>	<b>47.7</b>	<b>46.5</b>	<b>45.2</b>	<b>43.7</b>	
Daerah/ Kawasan	Kadar Pertumbuhan (%)					
	1980-1991	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	
Timur Laut	0.10	1.80	1.51	1.52	1.53	
Barat Daya	4.41	3.38	2.67	2.46	2.15	
<b>MPPP</b>	<b>0.94</b>	<b>1.58</b>	<b>1.58</b>	<b>1.62</b>	<b>1.68</b>	

**Jadual 1.2** : Projek pembangunan kawasan bukit di Pulau Pinang (MPPP, 2000)

Tahun	Keluasan (Hektar)	Lokasi	Keterangan
1988	0.14	Bukit Mutiara	12 unit banglo
1988	0.22	Bukit Bendera	1 unit dewan besar sembahyang.
1988	<0.50	Bukit Bendera	1 unit Kuan Yin Pavilion, 1 unit 5 tingkat banglo, 4 unit banglo
1991	3.38	Bukit Ramonia	360 unit flat
1991	1.49	Bukit Mutiara	90 unit kondominium
1993	1.86	Gunung Olivia	285 unit kondominium

**Jadual 1.2** : Projek pembangunan kawasan bukit di Pulau Pinang (MPPP, 2000)  
(sambungan)

<b>Tahun</b>	<b>Keluasan (Hektar)</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Keterangan</b>
<b>1993</b>	8.09	Bukit Mutiara	kondominium dan banglo
<b>1994</b>	1.30	Jalan Gangsa, Bukit Kecil dan Bukit Batu Lancang	1099 unit rumah pangsa dan kondominium
<b>1994</b>	<0.50	Gunung Pleasure	2 unit banglo
<b>1995</b>	42.00	Bukit Paya Terubung	Perumahan
<b>1995</b>	6.50	Bukit Relau	558 unit rumah pangsa
<b>1996</b>	9.36	Bukit Romania	1085 unit rumah pangsa
<b>1996</b>	160.00	Bukit Pasir Panjang	Padang Golf
<b>1991- 1997</b>	>10.00	Bukit Jambul	Banglo, hotel, institusi dan bangunan komersial.
<b>1991- 1997</b>	3.54	Bukit Papan	1540 unit rumah pangsa dan rumah teres
<b>1991- 1997</b>	59.67	Bukit Gambit Sungai Ara	320 unit rumah pangsa dan rumah teres, 355 unit rumah pangsa dan 659 unit kondo.
<b>1993- 1997</b>	>10.00	Pulau Pengang	40 unit banglo
<b>1995- 1999</b>	87.00	Bukit Telok Bahang	Empangan
<b>Akan Datang</b>	41.92	Bukit-bukit di Pulau Pinang	Hotel-hotel, rumah pangsa, banglo, kondominium dan lain- lain.
<b>Jumlah</b>	447.50		

## **1.7 Pembatasan Kajian**

Kajian ini dilaksanakan bagi mengenalpasti kawasan potensi tanah runtuh. Ia merangkumi kawasan Pulau Pinang di mana telah berlaku kejadian tanah runtuh yang sebenar di Paya Terubung untuk dijadikan pengujian kawasan kesahihan hasil kajian. Pemodelan, penentuan dan pengelasan kawasan yang berpotensi berlaku kejadian tanah runtuh dengan menggunakan perisian seperti ARC/INFO dan ArcView.

## **1.8 Aliran Bab**

Tesis ini dimulai dengan bab pengenalan, dimana terdapat penerangan ringkas mengenai kajian yang dijalankan dalam bab ini. Antara topik-topik yang terdapat dalam bab satu ialah pendahuluan, pernyataan masalah, objektif kajian, skop kajian, tujuan kajian, kawasan kajian dan akhir ialah aliran bab.

Bab 2 merupakan bab kajian literatur di mana ia terbahagi kepada dua bahagian utama iaitu mengenai SMG dan pengenalan kepada tanah runtuh. Terdapat kaedah yang dijalankan bagi mendapatkan tanah runtuh dengan menggunakan SMG diterangkan dalam bab ini.

Bab 3 pula menerangkan mengenai peringkat yang penting dalam SMG iaitu peringkat pengumpulan data, proses-proses penyuntingan dan semakan. Permasalahan yang terdapat semasa proses penukaran format dijalankan.

Bab seterusnya merupakan rekabentuk dan pembangunan pangkalan data. Bab ini melibatkan proses rekabentuk konseptual, logikal dan Pangkalan Data dalam sistem yang dibangunkan.

Bab 5 pula merupakan analisis ruang. Dalam bab ini terdapat analisis data-data seperti galian, jenis tanah, kecerunan, saluran, guna tanah, taburan hujan, hakisan

dan air bumi. Kaedah analisis ruang untuk mendapatkan hasil bagi sistem tanah runtuh ditunjukkan dalam bab ini.

Bab 6 merupakan hasil analisis dan antara muka pengguna. Bab ini merupakan lanjutan dari bab 5 iaitu apabila selesai analisis terhadap data, proses manipulasi hasil akhir untuk kegunaan pengguna dijalankan. Manakala antara muka pengguna dibina untuk memudahkan capaian oleh pengguna.

Bab yang terakhir adalah bab cadangan dan kesimpulan. Bab ini merupakan penutup kepada kajian yang dijalankan. Dalam bab ini, cadangan, kesimpulan dan sumbangan terhadap kajian diterangkan dalam bab ini.



teknologi terkini, data dapat dijana dengan cepat dan dapat berkongsi dengan pelbagai pihak.

Sebagai kesimpulan, analisis yang dilakukan bagi penentuan potensi kawasan tanah runtuh berasaskan konsep SMG telah dapat dilaksanakan dengan jayanya berdasarkan objektif kajian yang telah ditetapkan.

## SENARAI RUJUKAN

- Ahris Yaakub (1992). *Concepts And Defination Of Geographic Information Systems; With Example Of Arc/Info*. Pusat Sumber Fakulti Alam Bina, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia.
- Amiruddin Abu Bakar dan Yong Sun Yong (1993). *Siri Pengenalan Sistem Maklumat Geografi Untuk Perancang Bandar Menggunakan PC ARC/INFO V3.4D*. Pusat Sumber Fakulti Alam Bina, Universiti Teknologi Malaysia.
- ARC News (1989). *Overview Of GIS Database Design*. Enviromental System Research Institute, Inc.
- Aronoff, S. (1991). *Geographic Information Systems : A Management Perspective*. Ottawa : WDL Publications.
- Association for Geographic Information (AGI)(1994). Geographic Information and Geographic Information System Standards*. CCTA The Goverment Centre For Information, Rosebery Court, St Andrews Business Park, Norwich, NR7 0HS.
- Bennis, K., David, B., Quilio, I., and Viemont, Y. (1990). *GeoTropics Database Support Alternative for Geographic Applications*. In 4th International Symposium on Spatial Data Handling, Zurich, Switzerland.
- Berita Harian (1999). *Pusat Awasi Projek Lereng Bukit*. 18 Mei 1999.
- Berita Harian (2001). *Mayat Ibu, Anak Berpelukan*. 9 Januari 2001.

- Bernhardsen, T. (1999). *Geographic Information Systems : An Introduction – Second Edition*. by John Wiley & Sons, Inc. 605 Third Avenue, New York, United State Of America.
- Bols, P. L. (1978). *The Iso-Erodent Map Of Java And Medura*. Belgian Technical Assistance Project ATA 105, Soil Research Institute, Bogos, Indonesia.
- Bromhead, E. N. (1986). *The Stability Of Slope*. Great Britain : Surrey University press.
- Burrough, P. A. (1986). *Principles Of Geographical Information System For Land Resources Assessment*. Oxford : Clarendon.
- Centre for Geographical Information and Analysis (2002). *Peta Lot Tanah Pulau Pinang*. FKSG, UTM.
- Chance, A., Newell, R. G. and Theriault, D. G. (1990). *An Object-Oriented GIS – Issues and Solution*. In Harts, J., Ottens, H. F. L. And Scholten, H. J (Eds.), EGIS'90, First European Conference On Geographical Information Systems, Amsterdam, Netherlands,
- Charlot, H. M. G., Kanagaraj, M. and Narayanan, R. (2000). *Air pollution modelling fir Chennai city using GIS as a tool*. Anna University, Chennai.
- DeMers, M. N. (1997). *Fundamentals Of Geographic Information Systems*. John Wiley & Sons, Inc, United State Of America.
- De Campos, L. E. P., De Sousa, M. and Fonseca, E. C. (1988). *Parameter Selection For Stability Analysis*. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference On Geomechanics In Tropical Soils.” Singapore.
- Enviromental System Research Institute Inc. (ESRI) (1990). *PC Arc/Info Srater Kit*. United State, America.

- Environmental System Research Institute Inc. (ESRI) (1994). *Arc/Info Data Management – Concepts, data models, database design and storage*. United State, America.
- Environmental System Research Institute Inc. (ESRI) (1996). *Avenue*. United State, America.
- Environmental System Research Institute Inc. (ESRI) (1997a). *Arc/View 3D Analyst – 3D Surface Creation, Visualization and Analyst*. United State, America.
- Environmental System Research Institute Inc. (ESRI) (1997b). *Arc/View Dialog Designer*. United State, America.
- Environmental System Research Institute Inc. (ESRI) (1998). *Understanding GIS : The ARC/INFO Method: Version 7.2 UNIX and Windows NT*. United State, America.
- Environmental System Research Institute Inc. (ESRI) (1999). *Extending ArcView GIS 3.x with Network Analyst, Spatial Analyst, and 3D Analyst*. United State, America.
- Environmental System Research Institute Inc. (ESRI) (2001). *Using ArcGIS Spatial Analysis*. United State, America.
- Evans, R (1980). *Mechanics Of Water Erosion And Their Spatial And Temporal Controls: An Empirical Viewpoint*. in Kirkby, M. J. And Morgan, R. P. C. (eds), *Soil Erosion*. Wiley.
- Fatimah Shafinaz Ahmad and Mohd. Zulkifli B. Mohd. Yunus (2001). *Aplikasi Sistem Maklumat Geografi Dalam Pemilihan Tapak Laluan Lebuhraya*. Paper for Seminar Perisian Kejuruteraan II, UTM Johor Bahru. 15 Julai, 2001.

Fotheringham, S. And Rogerson, P. (1994). *Spatial Analysis And GIS*. Department Of Geography, Taylor and Francis.

Foster, M. J. And Shand, P. J. (1990). *The Association for Geographic Information Yearbook 1990*. London : Taylor and Francis Inc.

Fuori, W. M. dan Gioia, L. M. (1993). *Computers and Information Processing*. Prentice Hall International (UK) Limited, London.

Gabriels, D., Maene, L., Lenvain, J. and De Boodt M. (1977). *Possibilities Of Using Soil Conditioners For Soil Erosion Control*. in Greenland, D. J. And Lal, R. (1977). *Soil Conservation And Management In The Humid Tropics*. Proceedings Of International Conference On Soil Conservation And Management In The Humid Tropics Held In Ibadan, Nigeria, 1975. Publish by John Wiley & Sons.

Gasmo, J., Hritzuk, K. J. and Rahardjo, H. (1993). *An Overview Of Unsaturated Soil Behavior*. Dalam Houston, S.L. and W.K. (Ed.), *Unsaturated Soils*. Geotechnical Special Publication, Amerika.

George, N. (1996). *Object Orientation GIS And Information Technology*. Product Manager Laser-Scan Ltd. Cambridge Science Park, Milton Road, Cambridge CB 4FY, England.

Gerrard, A. J. (1981). *Soil and Landforms-An Integration Of Geomorphology and Pedology*. Department Of Geography, University Of Birmigham.

Ghazali Desa (1999). *Imbasan (Overview) Mengenai GIS*. dalam Kursus Pendek Untuk Agensi Berkaitan Tanah / NALIS *Pengenalan Sistem Maklumat Geografi*. Centre For Geographic Information & Analysis (CGIA), Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia.

- Goodchild, M. F., Haining, R. and Wise, S. (1991). *Intergrating GIS and Spatial Data Analysis : Problem and Possibilities*. International Journal Of Geographical Information System.
- Gray, D. H. (1994). *Influence Of Vegetation On The Stability Of Slope*. in Barker D. H. (1994). *Vegetation And Slope : Stabilisation, Protection And Ecology*. Proceeding Of The International Conference held at The University Museum, Oxford.
- Hudson, N. W. (1981). *Non Technical Constraints On Soil Conservation*. In Tingsanchali, T and Eggers, H. (eds). *Southeast Asian Regional Symposium On Problems Of Soil Erosion And Sedimentation*. Asian Institute Of Technology.
- Jabatan Kaji Bumi (1985). *Peta Galian Pulau Pinang*. Pengarah Pemetaan Negara Malaysia.
- Jabatan Penyiasatan Kajibumi (1975). *Peta Air Bumi Malaysia*. Jabatan Penyiasatan Kajibumi, Malaysia
- Jabatan Kerja Raya (JKR) (2000). *Pemeriksaan Cerun Jabatan Kerja Raya Malaysia*. Disediakan Oleh : Unit Senggara Pengurusan Cerun, Cawangan Jalan IP, JKR Malaysia, Kuala Lumpur.
- Jabatan Perancang Bandar Dan Desa (1976). *Akta Perancangan Bandar Dan Desa*. :Akta 172, Malaysia.
- Jabatan Perancang Bandar Dan Desa (1990). *Laporan Penyemakan Rancangan Struktur (Penggubahan) MPP 1990-2000*. Pulau Pinang, Malaysia.
- Jabatan Perancang Bandar Dan Desa (1995). *Akta Perancangan Bandar Dan Desa (pindaan)*.: Akta A933, Malaysia.

- Jabatan Perangkaan Malaysia (1991). *Laporan Am Banci Penduduk*. Penerbitan Banci Penduduk & Perumahan Malaysia, Malaysia.
- Jabatan Pertanian Semenanjung (1992). *Peta Jenis Tanah Pulau Pinang*. Wisma Tani, Kuala Lumpur.
- Kendall, K. E. and Kendall, J. E. (1999). *System Analysis And Design*. 4<sup>th</sup> ed. Upper Saddle River, N.J : Prentice Hall.
- Khairul Anuar Kassim, Z'aba Ismail, Kamaruddin Ahmad, Azman Kassim & Mohd For Mohd. Amin (1999). *Geotechnical Engineering Conference / Geotropika 99*. Faculty Of Civil Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia.
- Knuepfer, P. L. K. and McFadden (1990). *Soil and Landscape Evolution – Proceedings Of The 21<sup>st</sup> Binghamton Symposium in Geomorphology held 6-7 October*. Pelsevier, Amsterdam.
- Landphair, H. C. (1985). *Site Reconnaissance And Engineering*. Elsevier, New York.
- Lim Jit Sai (1993). *Panduan Siri-Siri Tanah Utama Di Semenanjung Malaysia*. Oleh Pegawai-pegawai Penyiasatan Tanah, Cawangan Pengurusan Tanah, Jabatan Pertanian, Malaysia.
- Malaysia (1990). *Akta Pemeliharaan Tanah, 1990: Akta 385*
- Majlis Perbandaran Pulau Pinang (2000). *Draf Rancangan Struktur (Pungubalan) MPP 2000.*, dengan kerjasama Pejabat Projek Alor Setar, Jabatan Perancangan Bandar Dan Desa Semenanjung Malaysia, Jabatan Perancangan Bandar Dan Desa Pulau Pinang dan MSO Associated Sdn. Bhd. Malaysia.
- Marther, P. M. (1999). *Computer Processing Of Remotely Sensed Images – An Introduction – Second Edition*. by Tohn Wiley & Sons Ltd, Baffins Lane, Chichester, West Sussex PO 19 JUD, England.

- Martin, D. (1996). *Geographic Information Systems : Socioeconomic Applications – Second Edition*. Roulledge, 11 New Fetter Lane, London
- Mohd. Hairi Bin Md. Akhir (2000). *Aplikasi GIS di dalam Kawalan Pembangunan di Kawasan Tanah Tinggi*. Tesis Fakulti Sains Dan Geoinformasi, Universiti Teknologi Malaysia.
- Mohd. Zaifuddin Idris (2000). *Cadangan Pembangunan Lembah Ruil Di Atas Lot 353 PN 2519 Mukim Tanah Rata, Cameron Highlands, Pahang Darul Makmur*. VT Soil Erosion Research & Conculancy, Cergas Asal (M) Sdn. Bhd. Petaling Jaya, Selangor, Malaysia.
- Mohd. Zulkifli Mohd. Yunus and Fatimah Shafinaz Ahmad (2001). *Is GIS A Useful Tool For Landslide Investigation?* Paper for The GEOTROPIKA 2001 Conference On Geotechnical Engineering, Hilton Hotel Kuching Sarawak, 5-7 November, 2001
- Mohd. Zulkifli Mohd. Yunus and Fatimah Shafinaz Ahmad (2002). *GIS: Solutions For Spatial Problems In Civil Engineering*. Paper for CoGRAMM '02 National Conference On Computer Graphics And Multimedia, Equatorial Hotel, Melaka, 7-9 Oktober 2002.
- Mohd. Zulkifli Mohd. Yunus, Fatimah Shafinaz Ahmad and Munzilah Bte Rohani (2002.) *“GIS For Civil Engineers : Application In Landslide Investigation.”* Paper for International Symposium and Exhibition On Geoinformation 2002, Global Trends : Geoinformation for the New Economy, Nikko Hotel, 22-24 Oktober 2002.
- Montgomery, G. E. and Schuch H. C. (1993). *GIS Data Conversion Handbook*. UGC Consulting, GIS World, Inc., Fort Collins, Colorado, America.
- Morgan, R. P. C. (1986). *Soil Erosion And Conservation*. Longman Scientific And Technical.



- Morgan, R. P. C., Morgan, D. D. V. And Finney, H. J. (1982). *Stability Of Agricultural Ecosystems : Document Of a Simple Model For Soil Erosion Assessment*. Int. Ins. Appl. Syst. Anal. Collaborative Paper.
- Munroe, S. (1999). *Earth Science : Geographical Information System*. Canada.
- Nawawi Jusoh, Zamri Ismail dan Adnan Abdullah (1997). *Identification Potential Landslide Areas Using Universal Soil Loss Equation (USLE) and GIS*. Paper presented at Malaysian Science And Technology Congress '97 at Awana Golf And Country Resort, Genting Highland, Malaysia.
- Omakupt, M. (1989). *Soil Erosion Mapping Using Remote Sensing Data And Geographic Information System*. Proceeding Of 10th ACRS, Kuala Lumpur.
- Ong Wee Seck (1993). *Map Report 7 – The Geology And Engineering Geology Of Pulau Pinang*. Geological Survey Of Malaysia, Published by and obtainable from : Penyiasatan Kajibumi Malaysia and Makmal Penyiasatan Kajibumi.
- Ong Tiam Hwa (2000). *Kegagalan Cerun – Punca Dan Cara Mengatasinya*. Tesis Fakulti Kejuruteraan Awam, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia.
- Peuquet, D. J. (1984). *A Conceptual Framework On Comparison Of Spatial Data Models*. Cartographica, Vol. 2, No. 4.
- Richter, G. and Negendank, J. F. W. (1977) *Soil Erosion Processes And Their Measurement In The German Area Of The Moselle river*. Earth Surf. Proc. 2.
- Roslan Zainal Abidin (1995). *Tanah Runtuh – Ciri-ciri, Ramalan Dan Teknologi Kawalan*. Isu-isu Semasa Sains Dan Teknologi 1995, Publisher Selangor VT soil erosion research and consultancy. Petaling Jaya, Selangor, Malaysia.
- Roslan Zainal Abidin (1999). *Kawasan tinggi terdedah tanah runtuh*. Dalam Utusan Malaysia. 17 Mei 1999.

- Roslan Zainal Abidin and Tew Kia Hui (1999). *Compilation of presented research paper on soil erosion issues in Malaysia*. Publisher Selangor VT soil erosion research and consultancy.
- Ruslan Rainis (1998). *Sistem Maklumat Geografi*. Dewan Bahasa Dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Saha, S. K., Kudrat, M. and Bhan, S. K. (1991). *Erosional Soil Loss Prediction Using Digital Satellite and Universal Soil Loss Equation – Soil Loss Mapping In Siwalik Hills In India*. AARC, Murai Laboratory Institute Of India Sc., University Of Tokyo.
- Sara Lee and Kyungduck Min (2001). *Statistical analysis of landslide susceptibility at Yongin, Korea*. Springer-Verlag 2001.
- Shaxson, T. F. (1981). *Reconciling Social And Technical Needs In Conservation Work On Village Farmlands*. In Morgan, R. P. C. (ed.) "Soil Conservation : Problems And Prospects." Wiley.
- Shelly, G. B., Cashman, T. J., Adamski, J and Adamski, J. J.(1995). *Systems Analysis And Design – Second Edition*. Boyd & Fraser Publishing Company and International Publishing Comapny.
- Simpson, B. J and Purdy, M.T. (1984). *Housing On Slope Sites : A Design Guide*. Longman Inc. New York, United States.
- Soong N. K., Haridas, G., Yeoh C. S. and Tan P. H. (1980). *Soil Erosion And Conservation In Peninsular Malaysia*. Rubber Research Institute Of Malaysia (RRIM), Malaysia.
- Steila, D. (1976). *The Geography Of Soil – Formation, Distribution And Management*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

- Stuart, N. (1990). *An evaluation of Geographical Information System (GIS) for the inventory and analysis of regional land resources*. Ph. D., Leeds.
- Summerfield, M. A., (1996). *Global Geomorphology*. Longman Group Ltd., Longman House, Burnt Mill, Harlow, Essex CM20 2 JE, England.
- Tew Kia Hui (1999). *Production Of Malaysian Soil Erodibility Nomograph In Related To Soil Erosion Issues*. Research And Concultancy, Selangor, Malaysia.
- The New Strait Times(1998). *On the Edge Of Disaster*. 28 November 1998.
- The New Strait Times(1999). *Slip Sliding Away*. 29 Disember 1999.
- Thurston, N. (1997). *Geographical information system (GIS) and landslide hazard mapping in Derbyshire Peak District, England*. Department of Enviroment (DoE) Landslide Review, Liverpool.
- Utusan Malaysia (1995). *Fakta Kejadian Tanah Runtuh di Genting Highlands*. 30 Jun 1995.
- Utusan Malaysia (1993). *Runtuh: Kaedah USLE Kaedah Berkesan*. 11 Disember 1993.
- Utusan Malaysia (1999). *Kawasan tinggi terdedah tanah runtuh*. 17 Mei 1999.
- Utusan Malaysia (2002a). *Banglo Jeneral Ismail ranap – Lapan termasuk isteri, anak, menantu, cucu terkorban menjelang subuh di Taman Hillview*. 20 November 2002.
- Utusan Malaysia (2002b). *Sejarah Highland Towers berulang di banglo Jeneral Ismail Omar*. 24 November 2002.

- Utusan Malaysia (2002c). *Hillview tidak selamat – Bukit mengandungi pasir jenis telus memudahkan tanah runtuh*. 23 November 2002.
- Utusan Malaysia (2004a). *Pelajar terbunuh – Rumah dihempap ketulan batu tanah runtuh*. 25 Januari 2004.
- Utusan Malaysia (2004b). *JKR diarah kaji segera struktur tanah di 68 cerun di Cameron Highlands*. 27 Februari 2004.
- Wang, Shu-Quiang dan Unwin, D. J., (1992). *Modelling Landslide Distribution On Loess Soils In China : An Investigation*. Department Of Geography, University Of Leicester, England.
- Weischmeir, W. H. and Smith, D. D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses*. USDA Agr. Res. Serv. Handbook.
- Williams, B. K., Sawyer, S. C. and Hutchinson, S. E. (1997). *Using Information Technology – A Practical Introduction to Computer & Communications*. The McGraw Hill Companies, Inc., USA.
- Xiaolin, L. (2003). *Web-GIS based SARS epidemic situation visualization*.  
Journal title : Proceeding of the SPIE – The International Society for optical engineering.