

ANALISIS UNTUK MENGENALPASTI RISIKO KEJADIAN LUBANG BENAM
MENGUNAKAN SISTEM MAKLUMAT GEOGRAFI

SA'ADIAH BINTI MOHD SAAT

Tesis ini dikemukakan
sebagai memenuhi syarat penganugerahan
ijazah Sarjana Sains (Geoinformatik)

Fakulti Kejuruteraan Dan Sains Geoinformasi
Universiti Teknologi Malaysia

FEBRUARI 2006

Teristimewa buat suami tercinta, Muhammad Shamsuri

Anak-anak yang tersayang Muhammad Syabil & Salma Liyana

Untuk yang dikasihi

Bonda Radziah & Ayahanda Mohd Saat

Bonda Hajjah Rodziah & Ayahanda Haji Aziz

Jua buat Kak Suraiya, Abang Saifo Bahri, Kak Salina, Abang Saripudin,

Adik Suriati & Adik Salwana

PENGHARGAAN

Syukur ke hadrat Allah s.w.t di atas kekuatan mental dan fizikal yang dikurniakan, dapat saya menyiapkan penyelidikan dibawah tajuk Analisis Untuk Mengenalpasti Risiko Kejadian Lubang Benam Menggunakan GIS. Saya ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada kedua-dua penyelia saya Prof. Dr. Halim Setan dan Dr. Abd Nasir Matori di atas segala bimbingan dan tunjuk ajar serta dorongan sehingga selesai kajian dijalankan. Selain itu saya juga ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada En. Abd. Kahar Imbi dari Jabatan Mineral dan Geosains, Perak diatas kerjasama dan bantuan bagi kerja-kerja Pengukuran Geofizikal. Ucapan terima kasih juga kepada Unit GIS, Jabatan Perancang Bandar, Majlis Bandaraya Ipoh dan Balai Polis Kg. Baru Bukit Merah diatas kerjasama yang telah diberikan.

Terima kasih yang tidak terhingga juga kepada Prof. Madya Ghazali Desa diatas nasihat dan panduan yang diberikan. Penghargaan juga diberikan kepada Encik Mokhtar (CGIA), Encik Muhammad Shamsuri Aziz serta kakitangan Jabatan Kejuruteraan Awam Universiti Teknologi Petronas; Tuan Syed Baharom Azahar Syed Osman, Prof. Madya Dr. Mazlan Napih, Puan Norhayama Ramli, Cik Yusyawati, Puan Suhaila, Encik Johan Ariff, Encik Zaini dan Encik Idris Mokhtar diatas bantuan, semangat dan dorongan dari kalian dalam menjayakan projek penyelidikan ini.

ABSTRAK

Kajian ini mengintegrasikan kaedah Geofizikal, Sistem Penentuan Lokasi Sejagat (GPS) dan Sistem Maklumat Geografi (GIS) bagi analisis risiko lubang benam di kawasan kediaman. Fenomena lubang benam di kawasan kediaman dikaitkan dengan faktor geologi, persekitaran dan aktiviti penduduk setempat. Analisis permukaan topografi ditunjukkan melalui visualisasi lapisan data GIS. Kaedah Geofizikal (iaitu Ukur Resistiviti menggunakan alat ABEM SAS 4000) dibuat bagi mengenalpasti struktur bawah tanah kawasan kajian. Selepas Ukur Resistiviti, kedudukan jitu lubang benam ditentukan dengan alat GPS Topcon HiPER. Semua data yang berkaitan ditukarkan ke format GIS (*.shp) dalam sistem unjuran yang sama iaitu RSO (Rectified Skew Orthomorphic), dan diintegrasikan ke dalam satu pangkalan data GIS. Analisis Ruang bagi fenomena lubang benam dibangunkan melalui aplikasi GIS menggunakan komponen perisian ArcGIS (iaitu ArcMap dan ArcObjects), MapInfo Professional serta Microsoft Visual Basic 6.0. Hasil utama kajian ini ialah satu sistem bagi analisis risiko lubang benam untuk kawasan kediaman menggunakan teknik GIS.

ABSTRACT

This study integrates Geophysical Method, Geographical Positioning System (GPS) and Geographical Information System (GIS) for analysis of sinkhole risk in residential area. The sinkhole phenomena in residential area are related to geological factor, environment and local activities. Analysis of topographical surface is represented visually using GIS data layers. The Geophysical survey (i.e. Resistivity survey using ABEM SAS 4000) was carried out to determine the subsurface structure of the study area. After Resistivity survey, precise locations of sinkhole were determined using GPS Topcon HiPER. All relevant data were converted to GIS (*.shp) format in the same projection system namely RSO (Rectified Skew Orthomorphic), and integrated into a GIS database. Spatial analysis for sinkhole phenomena was developed via GIS applications using ArcGIS components (i.e. ArcMap and ArcObjects), Mapinfo Professional and Microsoft Visual Basic 6.0. The main outcome of the research is a system for analysis for sinkhole risk in residential area via GIS technique.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGESAHAN STATUS TESIS	
	PENGESAHAN PENYELIA	
	PENGESAHAN KERJASAMA	
	HALAMAN JUDUL	i
	HALAMAN PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	JADUAL KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xi
	SENARAI RAJAH	xii
	SENARAI ISTILAH	xv
	SENARAI GAMBARFOTO	xvi
	SENARAI LAMPIRAN	xvii
1	PENDAHULUAN	
	1.1 Pengenalan	1
	1.2 Kajian Latarbelakang	6
	1.3 Pernyataan Masalah	11
	1.4 Objektif Kajian	19
	1.5 Skop Kajian	19
	i. Kawasan Kajian	19
	ii. Skop Penyelidikan	19
	1.6 Sumbangan Kajian	20

1.7	Metodologi Kajian	21
1.8	Aliran Penulisan Kajian	24

2 FENOMENA LUBANG BENAM

2.1	Pengenalan	26
2.2	Faktor Lubang Benam	29
	i) Aktiviti Perlombongan	29
	ii) Aktiviti Pembinaan	31
	iii) Musim Kemarau	31
	iv) Musim Tengkujuh	31
2.3	Kaedah Mengesan Lubang Benam	33
	i) Kaedah Gerudi	34
	ii) Kaedah Seismos	34
	iii) Kaedah Georadar	35
	iv) Kaedah Mikrograviti	35
	v) Kaedah Resistiviti	36
2.4	Sistem Maklumat Geografi (GIS)	37
	2.4.1 Definasi Dan Konsep GIS	38

3 PEMBANGUNAN PANGKALAN DATA DAN SISTEM APLIKASI

3.1	Pengenalan	40
3.2	Pengumpula Data	41
	3.2.1 Pengukuran Geofizikal Untuk Data Resistiviti	42
	3.2.1.1 Perbezaan Nilai Resistiviti Bahan Dalam Tanah	43
	3.2.1.2 Kaedah Resistiviti Dua Dimensi (2D)	45
	3.2.1.3 Pengukuran Resistiviti	

	Di Lapangan	46
3.2.2	<i>Global Positioning System (GPS)</i>	54
	3.2.2.1 Pengenalan Kepada GPS	54
	3.2.2.2 Cerapan Data GPS Di Lapangan	56
3.2.3	Pengumpulan Data GIS (Peta Dasar)	59
3.3	Rekabentuk Pangkalan Data	61
	3.3.1 Rekabentuk Konseptual	61
	3.3.2 Rekabentuk Logikal	63
	3.3.3 Rekabentuk Fizikal	64
3.4	Membangunkan Pangkalan Data	65
	3.4.1 Proses Penukaran Data	67
	3.4.2 Proses Pengimbasan & Pendigitan	67
	3.4.3 Proses Penyuntingan Data Digital	68
3.5	Pembangunan Sistem Aplikasi	69
	3.5.1 Visualisasi Data	69
	3.5.1.1 Operasi Tindihlapis	70
	3.5.1.2 Pertanyaan (SQL) Dan Carian	73
	3.5.2 Analisis GIS Dalam Kajian	75
	3.5.2.1 Analisis Zon Penampan Dan Kedekatan	75
	3.5.2.2 Analisis Pemantauan Atau Ramalan (<i>Prediction</i>)	80
4	HASIL ANALISIS RISIKO LUBANG BENAM	
	4.1 Pengenalan	85
	4.2 Aplikasi Perisian GIS Untuk Permodelan Lubang Benam Kawasan Kediaman	86
	4.3 Hasil Analisis Dan Permodelan Lubang Benam	93
	4.4 Rumusan	97
5	KESIMPULAN DAN CADANGAN	

5.1	Kesimpulan	99
5.2	Cadangan Untuk Penyelidikan Selanjutnya	103
RUJUKAN DAN BIBLIOGRAFI		107
LAMPIRAN		
	Lampiran A (I)	112
	Lampiran A (II)	113
	Lampiran B	114
	Lampiran C	116
	Lampiran D	117
	Lampiran E	120
	Lampiran F	123
	Lampiran G	126
	Lampiran H	127

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Faktor Pembentukan Lubang Benam	32
3.1	Klasifikasi Data GIS Untuk Tujuan Perolehan Data	42
3.2	Nilai Resistiviti Sebahagian Batuan dan Tanah Dibawah Aras Air	44
3.3	Senarai Koordinat GPS Mengikut ID Lubang Benam	58
3.4	Sumber-sumber Data GIS	60
3.5	Senarai Lapisan Data Dalam Pangkalan Data GIS	64
3.6	Ruang Storan Bagi Simpanan Lapisan Data GIS	65
4.1	Senarai jumlah kediaman dan kategori indeks Lubang Benam	97

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Retakan dalam batu kapur	2
1.2	Tindakan hidrostatik	3
1.3	Pembentukan Lubang Benam	3
1.4	Peta Geologi secara umum bagi kawasan Ipoh	8
1.5	Fenomena Lubang Benam di Orlando Florida	12
1.6	Prosedur Kajian	22
1.7	Proses kajian secara konseptual	23
2.1	Fenomena tanah runtuh di kawasan batukapur	27
2.2	Peringkat Pembentukan Lubang Benam	28
3.1	Garisan ukur Resistiviti (1) & (2) Bagi Sebahagian Kg. Baru Bukit Merah, Ipoh	47
3.2	Menu untuk mengimport data dalam Perisian S4KWin	49
3.3	Arahan untuk membuka dan membaca format data dalam Perisian RES2DINV	50
3.4	Keputusan bacaan data bagi Garis Ukur Resistiviti (1)	50
3.5	Arahan <i>Least Square Inversion</i>	51
3.6(a)	Model imej Resistiviti bagi Garis Ukur (1)	52
3.6(b)	Model imej Resistiviti bagi Garis Ukur (2)	52
3.7	Komponen Sistem GPS (Dana, 1994)	55
3.8	Gugusan 24 Satelit GPS (Dana, 1994)	55
3.9	Prosedur Bagi Pengukuran GPS	57
3.10	Lokasi cerapan data GPS bagi sebahagian Kawasan Kajian	58
3.11	E-R Diagram	62
3.12	Proses Pembangunan Pangkalan Data GIS	66
3.13	Konsep Operasi Tindihlapis	70

3.14	Pemilihan Arahkan Dalam Fungsi GeoProcessing	71
3.15	Menentukan <i>Input Theme</i> dan <i>Overlay Theme</i> Dalam Operasi <i>Intersect</i>	72
3.16	Hasil Operasi Tindihlapis (<i>Residential Limestone</i>)	72
3.17	Hasil Pertanyaan Bagi Kediaman Di Kawasan Batu Kapur	74
3.18	Kotak Dialog Bagi Pertanyaan Melalui Data <i>Attribut</i>	74
3.19	Lokasi Garis <i>Fault Line</i>	76
3.20	Kotak Dialog Untuk Membina Zon Penampapan	77
3.21	Maklumat-maklumat Berkaitan Operasi <i>Buffering</i> Yang Diperlukan	78
3.22	Hasil Operasi <i>Buffering</i> Keatas Lapisan Data <i>Sinkhole Fault Line</i>	79
3.23	Lokasi Dan Data <i>Attribut</i> Data Lubang Benam Dalam Kawasan <i>Zon Buffering</i>	79
3.24	Lapisan Data <i>Sinkhole Index</i>	80
3.25	Operasi Tindihlapis Bagi Lapisan Data <i>Sinkhole Index</i> dan <i>Residential Area</i>	81
3.26	Kediaman Dalam Indek Paling Bahaya (1)	82
3.27	Kediaman Dalam Indek Sedarhana Bahaya (2)	83
3.28	Kediaman Dalam Indek Kurang Bahaya (3)	84
4.1	Contoh Bahasa Pengaturcaraan Dalam <i>Arc Objects</i>	86
4.2	Paparan Skrin Pengenalan (<i>splash</i>)	87
4.3	Paparan Menu Pilihan Utama	87
4.4	Antaramuka Paparan Visualisasi	88
4.5	Paparan Antaramuka Menu Bagi <i>GIS Spatial Analysis</i>	89
4.6	Paparan Antaramuka <i>Result of GIS Spatial Analysis</i>	90
4.7	Paparan Antaramuka <i>ArcMap</i>	91
4.8	Contoh Fungsi Pilihan Dalam <i>ArcMap</i>	91
4.9	Paparan Sebahagian Antaramuka Laporan	93
4.10	Kawasan Kejadian Lubang Benam Keseluruhan	94
4.11	Kawasan Zon Penampapan Lubang Benam	95

4.12	Gambaran Kedudukan <i>Sinkhole Fault Line</i> dan Jarak Kesan Resistiviti Elektrik	96
------	---	----

SENARAI DAFTAR ISTILAH

Bahasa Melayu	Bahasa Inggeris
Analisis Jaringan	<i>Network Analysis</i>
Analisis kedekatan	<i>Proximity Analysis</i>
Analisis Ruang	<i>Spatial Analysis</i>
Batukapur	<i>Limestone</i>
Bentuk Benar Serong Ditepati	<i>Rectified Skew Orthomorphic</i>
Garis sesar	<i>Fault line</i>
Kerintangan Elektrik	<i>Resistivity</i>
Lembung	<i>Underground Water</i>
Lubang Benam	<i>Sinkhole</i>
Pemprosesan lepas	<i>Post Processing</i>
Penentuan kedudukan	<i>Positioning</i>
Permodelan	<i>Modeling</i>
Rajah Hubungan Entiti	<i>E-R Diagram</i>
Rongga	<i>Cavity</i>
Sistem Maklumat Geografi (SMG)	<i>Geographic Information System (GIS)</i>
Tindihlapis	<i>Overlay</i>
Ujian Panaterat Piawai	<i>Standard Penetration Test</i>
Zon Penampan	<i>Buffering Zone</i>

SENARAI GAMBARFOTO

NO.	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Pandangan Sisi Rumah No 934, Kg. Baru Bukit Merah	15
1.2(a)	Contoh Lubang Benam Di Kawasan Kem Oran Mata Ayer, Perlis	15
1.2(b)	Lubang Benam Berhampiran Bangunan Cawangan	16
1.2(c)	Lubang Benam Berhampiran Semboyan RAJD	16
1.2(d)	Kesan Lubang Benam Di Sebahagian Asrama RAJD	17
2.1	Sebahagian Kawasan Lombong New Lahat Mine Ipoh	30
2.2	Winter Park Florida, Amerika Syarikat	33
3.1	Kerja-kerja <i>Setting-up</i> Terrameter SAS4000	47
3.2	Sambungan Elektrod Pada Jarak 80 Meter	48
3.3	Komponen TopCON HiPER	56

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A(I)	Peta Lembah Kinta, Ipoh, Perak	112
A(II)	Peta Kg. Baru Bukit Merah	113
B	Senarai Kejadian Lubang Benam	114
C	Jadual Perlaksanaan Penyelidikan	116
D	Contoh Data Dari Alat Ukur Geofizik Abem SAS4000	117
E	Prosedur Cerapan Dan Memuat Turun Data GPS	120
F	Prosedur Pemprosesan Data GPS	123
G	POSTER – <i>International Symposium & Exhibition On Geoinformation 2004</i>	126
H	POSTER – <i>International Invention, Innovation, Industrial Design & Technology Exhibition 2005</i>	127

BAB I

PENDAHULUAN

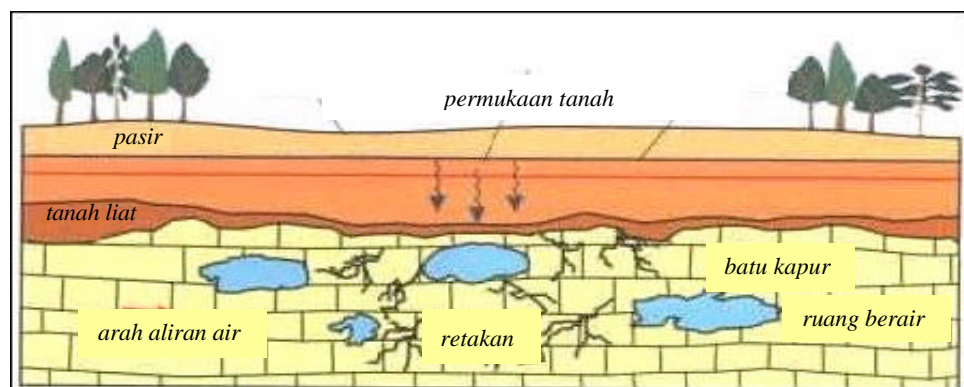
1.1 Pengenalan

Mengikut Smith, (1999), lubang benam atau *sinkhole* didefinisikan sebagai “*Pembentukan lubang pada saiz tertentu dari atas permukaan tanah hingga ke dasar dengan bacaan ke dalaman dan diameter tertentu. Ianya terbentuk bermula dari pembentukan lohong atau gua di bawah tanah di kawasan yang didasari oleh batu kapur*”.

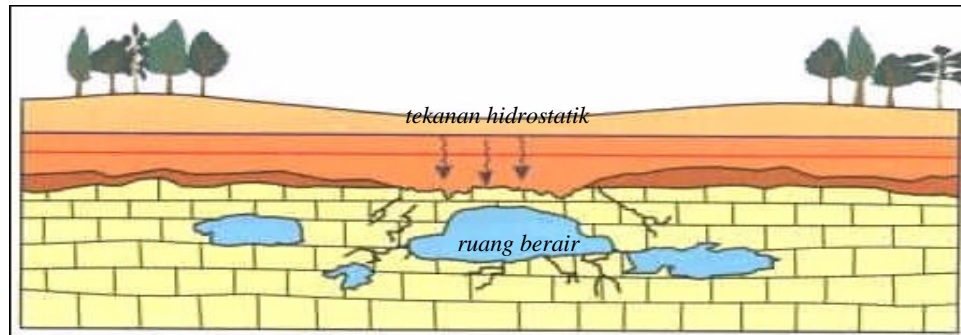
Lubang benam atau *sinkhole* adalah fenomena struktur geologi yang terdapat di kawasan batu kapur yang disebabkan oleh aktiviti-aktiviti pemendapan semula jadi (Yip, 1998). Bagi kawasan batu kapur, retakan yang berlaku dalam lapisannya membentuk rongga bawah tanah. Seterusnya turun naik paras air menyebabkan berlakunya hakisan, dan rongga tersebut akan membesar menyebabkan terbentuknya lubang benam. Selain dari batu kapur, jenis batuan lain yang terdapat di kawasan

lubang benam adalah batu granit, *schist* dan batu-batuan mineral hablur jenis kuartza (Yip, 1998).

Rajah 1.1 hingga Rajah 1.3 menunjukkan fenomena kejadian lubang benam secara berperingkat. Sebab utama pembentukan lubang benam ialah terlarutnya batuan kapur oleh air berasid. Air hujan yang menyerap karbon dioksida di udara, akan membentuk larutan asid karbonik yang akan tertapis melalui celah-celah rekahan, juga termasuk batuan dasar. Proses ini secara perlahan akan melarutkan batu kapur. Melalui peredaran masa geologikal, apabila kadar larutnya batu kapur di sepanjang zon ini tinggi, rekahan-rekahan akan terbentuk. Ini juga termasuklah batuan dasar dan tanah-tanah di atas rekahan-rekahan tersebut yang akan terjatuh ke dalam rongga-rongga ini seperti dalam Rajah 1.1. Sekiranya paras permukaan air bawah tanah adalah tinggi, tekanan hidrostatik ke bahagian atas akan menghalang berlakunya tanah runtuh. Sebaliknya apabila paras permukaan air bawah tanah rendah, maka runtuhannya tanah ke dalam rongga-rongga ini akan berlaku seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.2. Ini akan mempercepatkan lagi proses runtuhannya tanah yang akan membentuk lubang benam seperti Rajah 1.3 (Chow, 1995).



Rajah 1.1 : Retakan Dalam Batu Kapur (Chow,1995)



Rajah 1.2 : Tindakan Hidrostatik (Chow, 1995)



Rajah 1.3 : Pembentukan Lubang Benam (Chow, 1995)

Secara umumnya, pembentukan lubang benam disebabkan oleh faktor semulajadi atau geologikal dan faktor aktiviti setempat. Faktor semulajadi atau geologikal adalah seperti kitaran geologikal, keadaan cuaca, musim kemarau dan musim tengkujuh (Sarimah, 1999). Di antara contoh faktor kitaran geologikal adalah seperti pelonggokan, penggondolan dan pergerakan muka bumi (Whittaker & Reddick, 1989). Pada musim kemarau, kelembapan tanah adalah rendah, ikatan antara zarah-zarah tanah menjadi longgar dan ini akan memudahkan pembentukan rongga-rongga. Pergerakan tanah yang berterusan terhadap rongga-rongga tanah ini juga akan menyebabkan lubang benam terbentuk.

Pembentukan lubang benam juga berkait rapat dengan musim hujan atau musim tengkujuh. Air hujan semasa jatuh akan menyerap karbon dioksida di udara dan menjadi larutan asid karbonat lemah (White, 1990). Apabila air berasid melalui bahagian batu kapur, ia akan bertindak dengan karbonat lemah pada zon rekahan dan seterusnya membentuk laluan (Palmer, 1990). Dalam tempoh yang amat lama saluran ini membesar disebabkan oleh proses pelarutan dan akhirnya membentuk rangkaian terowong dan rongga dalam batuan batu kapur tersebut (Abd. Kahar, 2001). Pembentukan rongga atau rekahan tersebut lama kelamaan menjadi besar sehingga bahagian atas menjadi nipis dan tidak dapat menampung beban di atasnya dan akhirnya jatuh. Tempat di mana terjadi runtuhannya di permukaan dikenali sebagai lubang benam. Berdasarkan kajian geologi, setiap kawasan yang didasari batu kapur, pasti mengalami kejadian tanah jerlus sama ada disebabkan fenomena lubang benam atau runtuhannya bumbung gua bawah tanah atau lebih dikenali sebagai fenomena dolina (Salina, 2000).

Manakala faktor aktiviti manusia adalah seperti kegiatan perlombongan dan kerja-kerja pembinaan. Dalam aktiviti perlombongan, beberapa kolam perlu digali untuk mengepam air dalam kuantiti yang banyak. Kerja-kerja perlombongan yang berterusan menyebabkan arah pengaliran air akan berubah. Perubahan ini mengakibatkan hakisan pada batu kapur yang akhirnya akan membentuk lohong dan penurunan paras air bumi akan berlaku. Pembentukan lohong ini membantu pembentukan lubang benam. Dalam kerja-kerja pembinaan contohnya, penanaman cerucuk misalnya menghasilkan gegaran yang kuat menyebabkan runtuhannya pada struktur tanah. Ini menyebabkan berlakunya retakan-retakan kecil yang akhirnya membentuk lohong di dalam tanah.

Kejadian lubang benam di Semenanjung Malaysia banyak tertumpu di Lembah Kelang dan Lembah Kinta. Di kedua-dua kawasan ini permukaan bawah tanahnya terdiri dari lapisan batu kapur (Shu, 1995). Bagi Lembah Kinta, kaedah yang digunakan oleh Jabatan Mineral dan Geosains (JMG) Perak untuk mengesan pembentukan lubang benam adalah teknik geofizikal seperti mikro graviti, *ground penetrating radar* atau kaedah resistiviti elektrik atau kombinasi ke dua-dua kaedah ini. Dari kaedah geofizikal, sekiranya kawasan tersebut disyaki, kerja-kerja penggalian akan dibuat untuk mengenalpasti rongga yang ada dalam lapisan batu kapur ini. Setelah dikenalpasti kawasan tersebut boleh mengakibatkan lubang benam, langkah seterusnya adalah penyediaan peta kawasan dengan keratan rentas yang menunjukkan data yang terlibat seperti bangunan, jalan raya dan perimeter lubang seperti kedalaman dan diameter lubang. Keadaan separa permukaan mungkin dibuktikan dengan menggunakan ujian panaterat piawai, menggali dan kaedah *sounding electric piezocone*. Ianya dilakukan di kedua-dua permukaan dalam dan luar kawasan tersebut. Bagi mengukuhkan arah dan kelajuan aliran bawah tanah, piezometer hendaklah dipasang (Chow, 1995).

Kajian ini menggabung tiga kaedah iaitu aplikasi Sistem Maklumat Geografi (GIS), teknik pengukuran Geofizikal dan teknik Sistem Penentuan Sejagat (GPS). GIS diaplikasikan bagi menganalisis kejadian lubang benam di kawasan penempatan dengan memproses, menyimpan dan menggabungkan dengan pelbagai sumber data. Manakala pengukuran Geofizikal iaitu melibatkan pengukuran resistiviti telah dibuat bagi mengenalpasti struktur bawah tanah kawasan kajian. Pengukuran resistiviti menggunakan alat ABEM SAS 4000. Seterusnya GPS digunakan untuk mendapatkan koordinat (X,Y) bagi kedudukan lubang benam yang kritikal. Setelah

kesemua data dari tiga sumber iaitu Topografi, GPS dan Model Resistiviti diintegrasikan, analisis ruang GIS dibangunkan. Analisis ini melibatkan pertanyaan, pertindihan lapisan data (*overlay*), zon penampan (*buffering*) dan kedekatan (*proximity*).

1.2 KAJIAN LATAR BELAKANG

Di Malaysia kejadian lubang benam direkodkan kerap berlaku di Lembah Kelang iaitu di sekitar Kuala Lumpur dan Selangor serta di Lembah Kinta, Perak. Kedua-dua lokasi ini merupakan bekas lombong yang aktif sehingga awal tahun sembilan puluhan. Selain dari itu, kejadian yang serupa juga pernah berlaku di Kem Rejimen Askar Jurutera Diraja (RAJD) Kangar, Perlis pada tahun 16 Oktober 2000. Walaupun lokasi tersebut tiada rekod menunjukkan ianya terlibat dengan aktiviti perlombongan, ianya mencatatkan sebagai kejadian lubang benam yang terbesar di Malaysia setakat ini. Dalam kejadian lubang benam tersebut, diameternya berukuran 10.5 meter dengan kedalaman 9.6 meter telah dicatatkan (Salina, 2000).

Kawasan Lembah Kinta telah dipilih sebagai kawasan kajian. Bagi Lembah Kinta, kejadian lubang benam dikenalpasti dalam dua bentuk zon. Zon pertama menjurus arah utara timur-laut di sepanjang sisi barat Lembah Kinta, iaitu dari Batu Gajah melalui Lahat, Bukit Merah, Menglembu, Manjoi, Jelapang dan Tasek. Zon kedua pula menjurus arah utara barat-laut di sebelah timur, iaitu berhampiran Gunung Lanno, Gunung Rapat dan Gunung Panjang. Kawasan bagi Lokasi kerja-kerja lapangan telah dijalankan di Kampung Baru Bukit Merah yang merupakan

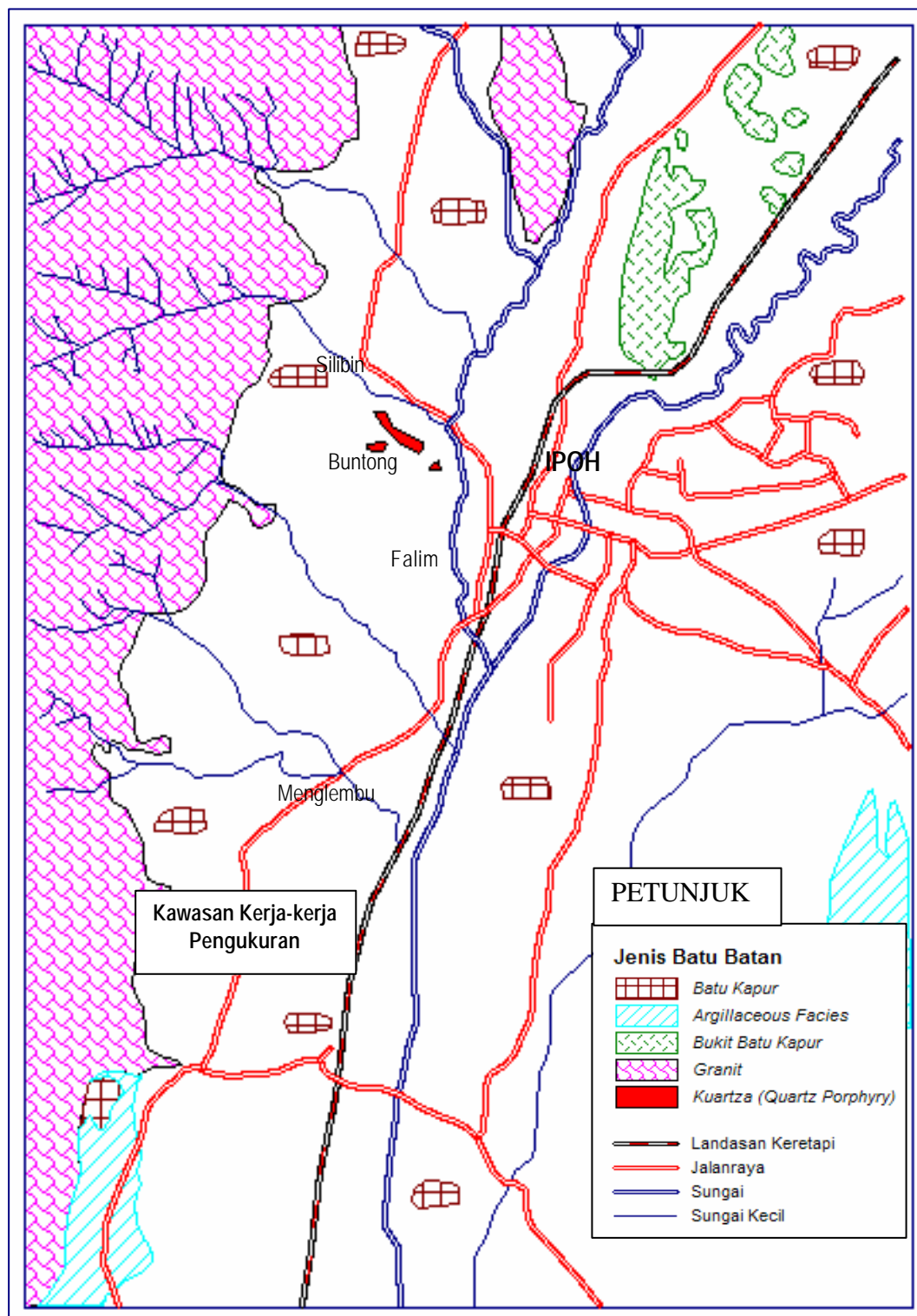
kawasan yang terletak di sisi barat Lembah Kinta. Dianggarkan 10 peratus dari keluasan negeri Perak iaitu Bandaraya Ipoh dan sekitarnya merupakan kawasan batu kapur.

Selain dari itu, kawasan batu kapur juga didapati di Kuala Lumpur yang meliputi satu pertiga daripada keluasan bandaraya tersebut dan bagi negeri Perlis terdapat kurang dari sepuluh peratus sahaja daripada keluasan negeri. Di Kelantan batu kapur terdapat di Gua Musang iaitu kurang lima peratus keluasan negeri Kelantan dan di Kedah terdapat kurang dari persepuluh satu peratus dari keluasan negeri (Salina, 2000).

Rajah 1.4 menunjukkan peta geologi secara umum bagi Bandaraya Ipoh dan sekitarnya. Terdapat beberapa jenis batuan yang dikenalpasti iaitu batu kapur, *argillaceous facies*, granit dan kuartza. Dianggarkan 80 peratus daripada kawasan Lembah Kinta diliputi oleh batu kapur yang mana sebahagiannya dikenali sebagai bukit-bukit batu kapur (Shu, 1995). Peta pada Rajah 1.4 mengandungi maklumat jenis batuan dengan diwakili oleh simbol-simbol yang telah ditunjukkan. Pada akhir kajian penulis telah menghasilkan peta geologi yang lengkap bagi kawasan Lembah Kinta.

Lubang benam yang berlaku di kawasan penempatan boleh memusnahkan atau merugikan harta benda seperti rumah, bangunan atau lebih teruk lagi boleh mengorbankan nyawa penduduk setempat. JMG Perak telah merekodkan kejadian lubang benam dari tahun 1955 hingga 1995. Kebanyakan kejadian lubang benam telah mengakibatkan kemusnahan kediaman, jalanraya, bangunan dan yang paling

teruk telah mengorbankan tiga orang pada tahun 1978 di Mambang Diawan, Air Kuning, Perak (Chow, 1995).



Rajah 1.4 : Peta Geologi Secara Umum Bagi Kawasan Ipoh (Shu, 1995)

Walaupun terdapat banyak kawasan yang terdedah dengan fenomena lubang benam di Lembah Kinta, projek-projek pembangunan tanah sebagai kawasan penempatan tidak boleh dihentikan kerana keperluan kediaman kepada penduduk semakin meningkat. Oleh yang demikian pihak Pihak Berkuasa Tempatan (PBT) serta Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan perlu mencari satu alternatif bagi menentukan terlebih dahulu struktur tanah bagi tujuan pembangunan kediaman sama ada sesuai ataupun sebaliknya. Oleh yang demikian penyiasatan ke atas struktur sub permukaan tanah perlu dijalankan sebelum membangunkan sesuatu kawasan khususnya kawasan kediaman.

Teknik pengukuran Geofizikal telah digunakan oleh JMG Perak untuk membuat penyiasatan ke atas pembentukan dan kejadian lohong atau gua di bawah tanah di kawasan batu kapur. Teknik ini diaplikasikan berdasarkan keadaan fizikal kawasan batu kapur yang berbeza-beza dan material lain yang terdapat pada lohong yang terbentuk. Oleh kerana teknik pengukuran Geofizikal yang berbeza, peralatan dan prosedur yang digunakan juga berbeza-beza. Terdapat empat teknik pengukuran Geofizikal yang digunakan oleh JMG Perak iaitu teknik Mikrograviti, Geo-radar (*transient electromagnetic*), Resistiviti dan Seismic (*refraction/reflection*) (Chow, 1995). Hasil dari kajian literatur, penulis mendapati penyiasatan ke atas lubang benam oleh pihak JMG Perak tidak mengaitkan kaedah pengukuran Geofizikal yang telah disenaraikan dengan teknik GIS dan teknologi GPS.

Kajian mengenai lubang benam sebelum ini (Chow, 1995) melibatkan 2 aspek, iaitu Pemetaan Permukaan (*surface mapping*) dan kaedah Korekan (*drilling*) di bahagian bawah tanah. Ukur tekimetri pula digunakan bagi proses pemetaan. Ukur

tekimetri juga termasuk pengukuran ketepatan ketinggian dan menghasilkan kontor bagi kawasan yang bercerun.

Kaedah yang digunakan dalam kajian ini adalah kaedah resistiviti yang melibatkan aspek pemetaan permukaan, iaitu kaedah rintangan elektrik berdasarkan pengesanan perubahan arus elektrik yang melalui tanah di permukaan. Dengan menggunakan prosedur tertentu, perubahan arus elektrik yang melalui sub-permukaan dapat ditafsirkan. Oleh kerana di bahagian sub-permukaan banyak mengalami perubahan geologi, maka kaedah resistiviti amat sesuai digunakan. Kewujudan lubang benam dibuktikan dengan kaedah ujian paneterasi piawai, menggali dan kaedah *sounding elektrik piezocone*. Kaedah-kaedah yang digunakan dalam kajian ini dikhususkan secara mendalam dari aspek geofizikal (Chow, 1995).

GPS mempunyai beberapa kaedah yang digunakan untuk menentukan sesuatu kedudukan, iaitu kaedah statik, *rapid static*, kinematik, *stop-and-go* kinematik, *pseudo—kinematic* serta *real time kinematic (RTK)* dan *on-the-fly (OTF) kinematic (Technical Engineering And Design Guides, 2000)*. Kaedah yang biasa digunakan adalah kaedah statik, kinematik dan *stop-and-go*. Kaedah statik digunakan sebagai teknik pembezaan untuk ukur kawalan dan geodetik. Kaedah statik ini juga memerlukan masa yang panjang ketika cerapan iaitu tidak kurang dari 1 jam bergantung kepada kualiti alat yang digunakan dan bilangan isyarat satelit yang diterima. Dengan kaedah statik, nilai ketepatan data boleh diperolehi sehingga kurang dari 1 sentimeter (Wilson, 2003). Kaedah kinematik pula membolehkan pengguna mengukur dengan pantas dan tepat garis dasar dari satu kedudukan ke

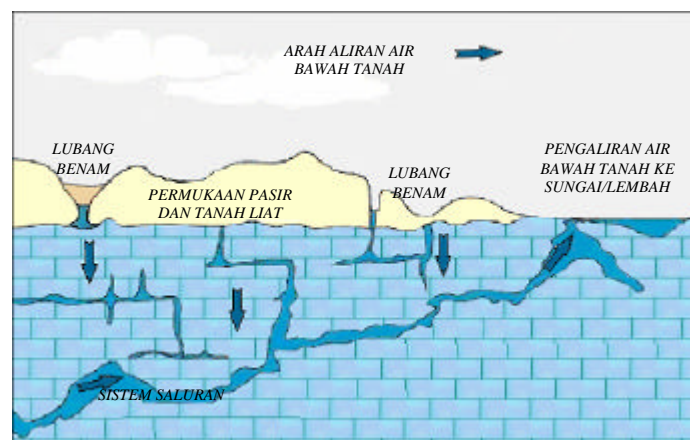
kedudukan seterusnya. Ketepatan yang boleh diperolehi antara 2 –10 sentimeter (Tee, 2000).

Kawasan yang telah dikenalpasti struktur bawah tanah melalui kaedah geofizik, akan dibuat pengukuran GPS untuk mengetahui lokasinya dengan lebih tepat dalam sistem koordinat (x,y) menggunakan sistem unjuran Bentuk Benar Serong Ditepati (*Rectified Skewed Orthomophic-RSO*). Kaedah pengukuran GPS *stop-and-go* digunakan dalam kajian ini kerana ketepatannya dalam sub-milimeter iaitu ketepatan mendatar dan menegak masing-masing 10 dan 20 milimeter (HiPER User Manual, 2002), boleh digunapakai dalam aplikasi GIS ini. Menggunakan prosedur-prosedur dalam perisian GIS dan integrasi maklumat yang lengkap, visualisasi kawasan dapat dipaparkan dan analisis ruang serta sistem aplikasi dapat dibangunkan.

1.3 Pernyataan Masalah

Kajian oleh Whitman dan Gubbles (1999), telah mengaitkan kejadian lubang benam dengan lapisan batu kapur di bawah permukaan tanah, di sekitar kawasan perlombongan yang masih aktif, bekas lombong serta kawasan yang mempunyai tekanan air yang tidak stabil di bawah tanah. Sebagai contohnya, keruntuhan tanah berpunca dari pembentukan lubang benam pernah terjadi berhampiran Orlando, Florida pada tahun 1992 (Whitman & Gubbels, 1999). Dalam kejadian tersebut, bandar metropolitan yang mempunyai kedudukan yang strategik ini, terletak dalam kawasan lubang benam yang tidak pernah dijangka pengembangannya yang cepat

dalam membentuk rongga di bawah tanah. Kejadian rongga ini berlaku di dalam batu kapur yang meliputi 30 hingga 50 meter tanah liat dan 10 hingga 20 meter melibatkan pasir (Whitman & Gubbels, 1999). Selain dari bandar yang pesat membangun, kawasan ini juga merupakan kawasan penempatan penduduk yang padat. Rajah 3.0 menunjukkan struktur bawah tanah bagi kejadian lubang benam berhampiran Orlando Florida.



Rajah 1.5 : Fenomena Lubang Benam di Orlando Florida
(Whitman & Gubbels, 1999)

Menurut Crawford, Webster dan Veni (1999), terdapat tiga faktor yang menyebabkan berlakunya kejadian lubang benam iaitu lohong atau kolam kecil pada sub-permukaan, sistem perparitan yang tidak teratur dan kebocoran paip di sub permukaan. Selain dari itu terdapat juga faktor-faktor lain seperti cuaca, aktiviti penduduk serta jenis batuan yang membantu proses kejadian lubang benam. Penyiasatan faktor-faktor ini telah dibuat ke atas 80 kejadian lubang benam di Bowling Green, Kentucky, Amerika Syarikat. Kaedah penyiasatan adalah dengan menggunakan teknik mikrograviti dengan mendapatkan nilai *bourguer gravity* bagi

mengesan pembentukan lubang benam di bawah tanah. Walau bagaimanapun kajian ini lebih tertumpu kepada sub-permukaan di sesuatu kawasan sahaja dan tidak dikaitkan dengan kemungkinan berlakunya kejadian yang sama dalam kawasan yang lebih luas.

Dalam penyelidikan ini, Kampung Baru Bukit Merah yang terletak di Lahat Ipoh Perak telah dijadikan sebagai kawasan bagi kerja-kerja pengukuran (Rujuk Lampiran A). Kawasan ini berdekatan dengan lombong bijih timah yang sudah tidak beroperasi lagi, iaitu New Lahat Mines. Luas lombong ini adalah 260 000 meter persegi. Lombong ini terletak kira-kira 200 meter dari kawasan kediaman Kampung Baru Bukit Merah.

Selain dari itu kawasan ini juga terletak di daerah Kinta, di mana 80 peratus daripada daerah ini dilapisi oleh batu kapur. Kajian oleh JMG Perak, menunjukkan proses-proses hakisan semulajadi bertindak ke atas lapisan batu kapur menghasilkan lohong yang menyebabkan terjadinya lubang benam. Terdapat beberapa faktor menyumbang pembentukan lubang benam (Rujuk Seksyen 1.1 perenggan 3 dan 4). Salah satunya adalah berlaku penurunan paras air bawah tanah. Keadaan ini mengurangkan daya tahan pasir yang dihasilkan oleh kelikatan air, menyebabkan tanah atau pasir di permukaan tidak stabil dan memasuki rongga atau lubang batu kapur (Rujuk Rajah 1.2).

Bagi kawasan Kampung Baru Bukit Merah dan sekitarnya, dari tahun 1955 sehingga tahun 1995, terdapat 41 dari 80 kejadian lubang benam telah direkodkan oleh JMG Perak (Chow, 1995). Mungkin juga terdapat kejadian lubang benam yang

berlaku dikawasan kajian pada tempoh tersebut yang tidak dilaporkan. Kejadian lubang benam di sini berlaku lebih aktif pada tahun 1982 sehingga 1992. Ini mengakibatkan banyak kerugian dan kerosakan telah dicatatkan seperti kerosakan rumah, alam sekitar, sistem saliran serta jalanraya disekitarnya. Lampiran B menunjukkan butiran-butiran kejadian lubang benam yang telah terjadi di kawasan kajian dan sekitarnya (Chow, 1995). Sebagai contoh, kejadian lubang benam telah berlaku di rumah yang bernombor 934 pada 10 Januari 1982. Dalam kejadian tersebut lubang benam telah terbentuk di ruang rumah dengan kedalaman dan diameter masing-masing 5 meter dan 3 meter. Oleh kerana kediaman tidak dapat dimasuki, gambar rumah tersebut hanya dapat diambil dari pandangan sisi kanan (Rujuk Gambarfoto 1.1). Kesan lengkukan semakin ketara sepanjang dua tahun tempoh kajian. Ini juga menunjukkan masih wujud fenomena lubang benam di kawasan kajian, selain dari bukti yang ditunjukkan melalui kaedah geofizikal yang diterangkan dalam Bab Tiga.

Selain dari kawasan kajian, kejadian lubang benam yang berlaku di Kem Rejimen Askar Jurutera Diraja (Kem Oran), Perlis pada 19 Oktober 2000 menunjukkan kawasan ini didasari oleh lapisan batu kapur, sebagaimana siasatan yang dilakukan oleh pihak JMG. Walaupun jabatan ini telah mengenalpasti kawasan ini sebagai kawasan batu kapur, namun begitu pembinaan kem tersebut pada tahun 1981 tidak mengambil kira struktur tanah yang akan dibangunkan. Akibatnya kejadian lubang benam telah berlaku setelah 19 tahun pembinaan kem tersebut. Gambarfoto 1.2a hingga 1.2d menunjukkan contoh lubang benam di sekitar Kem Oran, Perlis yang diambil pada 20 Oktober 2000 (Zaini et. all, 2000).



Gambafoto 1.1 : Pandangan Sisi Rumah No. 934, Kg. Baru Bukit Merah



Gambarfoto 1.2a : Contoh Lubang Benam Di kawasan Kem Oran, Mata Ayer Perlis (Zaini (Berita Harian), 2000)



Gambafoto 1.2b : Lubang Benam Berhampiran Bangunan Cawangan
(Zaini (Berita Harian), 2000)



Gambarfoto 1.2c : Lubang Benam Berhampiran Semboyan RAJD
(Zaini (Berita Harian), 2000)



Gambarfoto 1.2d : Kesan Lubang Benam Di sebahagian Bangunan
Asrama RAJD (Zaini (Berita Harian), 2000)

Oleh yang demikian, bagi tujuan projek pembangunan, bukan sahaja memerlukan perancangan persekitaran permukaan seperti persekitaran yang menarik, taraf infrastruktur, taraf ekonomi penduduk setempat, keperluan semasa sahaja, malah kajian mengenai sistem bumi termasuk proses dan sumbernya seperti struktur di bawah tanah perlu dibuat secara terperinci. Pelbagai penyelidikan telah dibuat oleh JMG Perak untuk mengkaji fenomena dan pembentukan lubang benam. Dalam kajian jabatan ini, pendekatan kajian geofizik bagi menentukan keadaan bawah tanah digunakan untuk mengetahui struktur di dasar batu kapur. Dalam profil tanah yang dikenalpasti, jika terdapat tanah atau pasir sahaja, maka kemungkinan besar fenomena yang berlaku adalah lubang benam.

Dalam kajian terhadap fenomena lubang benam ini, penulis telah menggabungkan teknik Geofizikal, GPS dan GIS untuk mendapatkan data-data yang diperlukan. Daripada kajian literatur yang telah dijalankan oleh penulis, adalah didapati belum ada Indeks Risiko kemungkinan bagi kejadian lubang benam di Malaysia. Hasil dari gabungan teknik ini, penulis telah memperolehi Indeks Risiko bagi kemungkinan kejadian lubang benam yang merangkumi keseluruhan kawasan kajian. Penghasilan indeks ini adalah berdasarkan teori Geofizikal terhadap lubang benam dan kaitannya dengan data *Sinkhole Fault Line*. Melalui Indeks Risiko ini juga, kawasan kediaman yang berisiko untuk berlakunya kejadian lubang benam juga telah dikenalpasti dan dianalisis menggunakan teknik GIS.

1.4 Objektif Kajian

Berikut adalah senarai objektif yang dicapai dalam kajian ini, iaitu:

- i) melaksanakan pengumpulan data Geofizikal, GPS dan GIS bagi fenomena lubang benam kawasan kajian;
- ii) membangunkan pangkalan data GIS; dan
- iii) membangunkan analisis risiko lubang benam bagi kawasan kajian menggunakan aplikasi GIS.

1.5 Skop Kajian

Skop kajian dibahagikan kepada dua bahagian iaitu kawasan kajian dan skop penyelidikan. Keterangan skop kajian adalah seperti berikut :-

i) Kawasan Kajian

Kawasan kajian adalah kawasan Lembah Kinta yang juga merupakan kawasan tumpuan penduduk, kawasan komersial serta kawasan yang pesat membangun di negeri Perak (Lampiran A(I)). Ianya terletak di bahagian utara bagi Daerah Kinta. Manakala kawasan kerja-kerja pengukuran di jalankan di perumahan Kampung Baru Bukit Merah, yang terletak di zon yang menjurus utara timur-laut di sepanjang sisi barat Lembah Kinta (Lampiran A(II)). Dari segi geologi kawasan ini, didasari oleh lapisan batu kapur serta granit dan 38 peratus dari kejadian lubang benam yang berlaku di Lembah Kinta sejak tahun 1955 hingga tahun 1995 tertumpu di kawasan ini (Chow,1995).

ii) Skop Penyelidikan

Skop kajian ini merangkumi integrasi data dari pengukuran GPS, pengukuran kaedah geofizik dan pemaparan data topografi ke dalam perisian GIS untuk penyediaan data bagi menghasilkan model risiko lubang benam menggunakan teknik GIS. Pengukuran kaedah geofizik menggunakan kaedah resistiviti melalui alat pengukur Terrameter SAS 4000 dan perisian RES2DINV. Format data ditukarkan ke format GIS dan dimasukkan ke pangkalan data GIS. Teknik pengukuran GPS

diaplikasikan kerana ketepatan data yang tinggi iaitu boleh mencapai 5 milimeter hingga 10 sentimeter serta dapat membuat pelarasan data melalui *differential correction*. Analisis ruang adalah penting untuk meramalkan status bahaya atau tidak sesuatu kawasan terhadap lubang benam. Data topografi yang terlibat adalah jalanraya, kontor, sungai, gunatanah, saluran dan lain-lain data berkaitan. Pangkalan data GIS dibangunkan supaya aplikasi GIS bagi permodelan risiko lubang benam yang bersepadu dapat dihasilkan.

1.6 Sumbangan Kajian

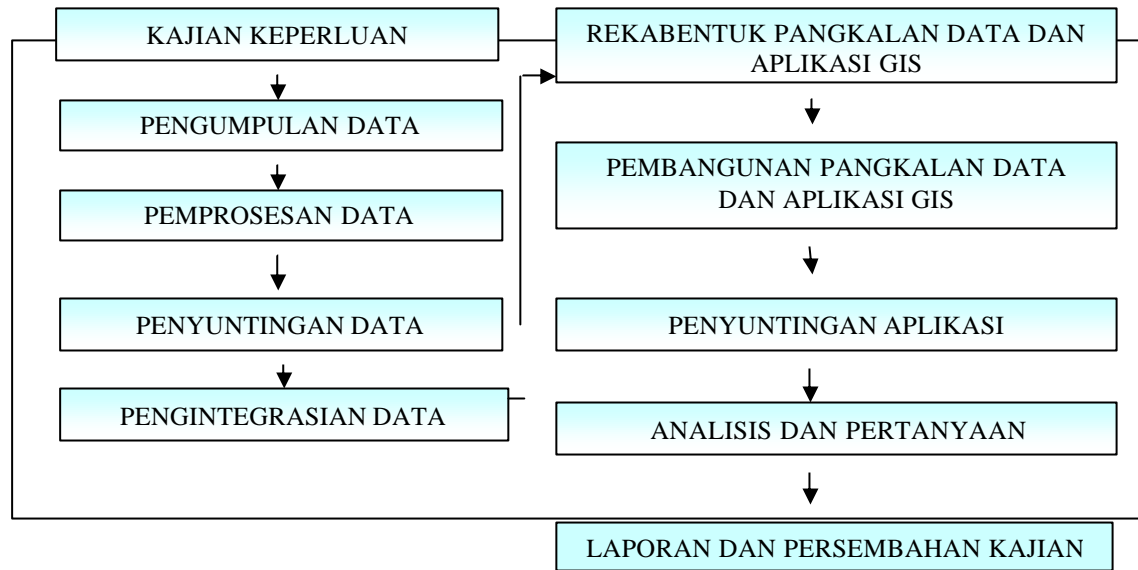
Hasil dari penyelidikan ini diharap dapat membantu pihak-pihak yang terlibat dengan perancangan dan pembangunan bagi sesuatu kawasan kediaman dalam perkara-perkara berikut:-

- i) Mengaplikasikan kemampuan dan teknologi GIS dalam membantu membuat pemantauan risiko bagi kejadian lubang benam di kawasan kediaman.
- ii) Mengenalpasti prosedur-prosedur penganalisan dalam GIS bagi lubang benam menggunakan integrasi data GPS dan Geofizikal dengan visualisasi lapisan data GIS.
- iii) Membekalkan kaedah untuk mengenalpasti maklumat corak struktur tanah bagi kawasan yang dikenalpasti mempunyai rongga-rongga di bawah tanah yang menyebabkan kejadian lubang benam, supaya Pihak Berkuasa Tempatan (PBT) dan Pihak Berkuasa Negeri (PBN) dapat merancang dan membangunkan kawasan kediaman dengan lebih selamat dan terancang.

1.7 Metodologi Kajian

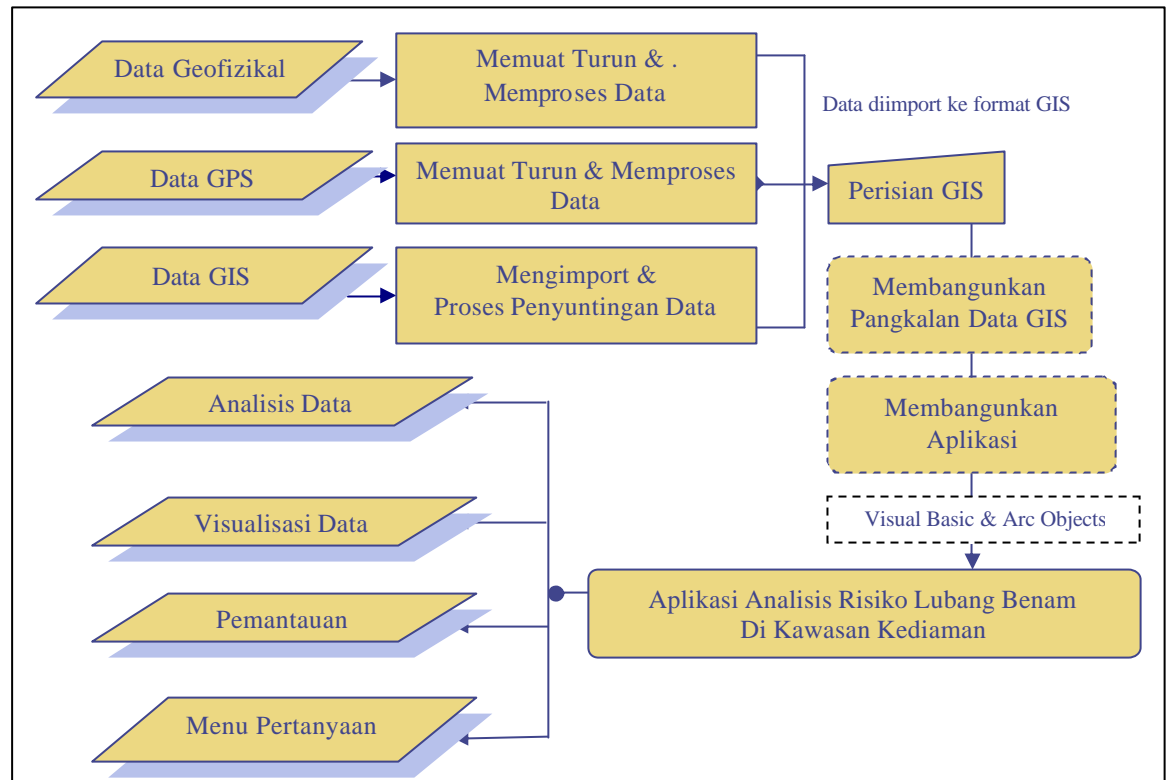
Metodologi untuk kajian ini telah disusun mengikut prosedur seperti dalam carta alir di Rajah 1.6. Ianya bermula dari langkah pengumpulan data, penukaran format data, pembangunan pangkalan data GIS serta aplikasi analisis ruang dan pertanyaan. Kajian bermula dengan menentukan keperluan bagi pelaksanaan projek melalui **Kajian Keperluan**. Dalam **Kajian Keperluan** beberapa perkara seperti skop kajian, kawasan kajian, spesifikasi perisian, perkakasan dan peralatan, prosedur kajian, jangkamasa kajian dan jangkaan keputusan telah dikenalpasti.

Langkah seterusnya adalah **pengumpulan data** iaitu dengan mendapatkan peta asas topografi kawasan kajian dalam bentuk digital bagi memudahkan kerja-kerja penukaran dan penyuntingan data. Selain dari itu, data geofizikal kawasan kajian diukur menggunakan kaedah resistiviti elektrik. Pengukuran GPS pula digunakan untuk mengetahui lokasi lubang benam terdahulu yang terletak dalam kawasan kajian. **Pemprosesan data** pula melibatkan penukaran format data topografi dari format DXF ke format MapInfo (TAB), mengimport dan memproses data resistiviti, mengimport dan memproses data GPS menggunakan perisian PC-CDU dan Pinnacle, serta membuat pelarasan data GPS. Selepas data diproses, **penyuntingan Data** dijalankan ke atas peta asas dalam bentuk beberapa lapisan data GIS, model Resistiviti dan data GPS.



Rajah 1.6 : Prosedur Kajian

Data-data yang telah ditukarkan ke format GIS digabungkan melalui proses **pengintegrasian data** ke dalam perisian GIS. Rajah 1.7 menunjukkan aplikasi secara konseptual yang dibangunkan. **Pangkalan data GIS** direkabentuk dan dibangunkan mengikut struktur lapisan data GIS. Ianya dibuat menerusi rekabentuk konseptual, fizikal dan logikal.



Rajah 1.7 : Proses Kajian Secara Konseptual

Rekabentuk aplikasi yang telah dilakukan adalah antaramuka aplikasi, bentuk pertanyaan, penyimpanan dan pemaparan data. **Pembangunan pangkalan data dan aplikasi GIS** merupakan proses untuk membangunkan aplikasi melalui kod-kod program menggunakan perisian Visual Basic dan Arc Object. **Pengujian aplikasi** pula bertujuan untuk menguji program yang telah dibangunkan. Proses ini dibuat secara berperingkat sehingga tiada kesilapan kod-kod program dalam aplikasi yang dibangunkan. **Analisis dan pertanyaan** melibatkan analisis GIS yang dibangunkan seperti analisis Tindih Atas (Overlay) analisis Zon Penampaan (*Buffering Zone*) dan analisis Kedekatan (*Proximity Analysis*). **Laporan dan persembahan** kajian dibuat setelah selesai kerja-kerja kajian dijalankan. Ianya

melibatkan kerja-kerja penulisan, semakan, penyuntingan laporan dan persembahan hasil kajian.

1.8 Aliran Penulisan Kajian

Tesis ini mengandungi lima bab utama. Bab Pertama dimuatkan dengan pengenalan terhadap kajian, latar belakang serta pernyataan masalah dan objektif kajian. Seterusnya bab ini mengandungi keterangan tentang skop kajian serta metodologi iaitu prosedur yang dijalankan bagi mencapai matlamat kajian. Bab ini juga mengandungi sumbangan yang diperolehi hasil daripada kajian yang dijalankan. Bab 2 membincangkan secara ringkas tentang fenomena kejadian dan pembentukan lubang benam. Perbincangan ini meliputi faktor-faktor pembentukan, kawasan-kawasan lubang benam di Malaysia serta struktur geologi dan struktur bawah tanah di kawasan lubang benam.

Bab 3 pula menerangkan tentang prosedur-prosedur dalam membangunkan pangkalan data dan sistem aplikasi. Ianya termasuklah pengumpulan data, rekabentuk pangkalan data, pembangunan pangkalan data dan pembangunan sistem aplikasi. Proses pengumpulan data yang diterangkan termasuklah data dari pengukuran Geofizikal, GPS dan GIS. Manakala dalam rekabentuk pangkalan data, aspek yang diterangkan adalah rekabentuk konseptual, logikal dan fizikal. Seterusnya dalam pembangunan sistem aplikasi, keterangan melibatkan visualisasi data, analisis, permodelan dan pembangunan antaramuka sistem.

Seterusnya dalam Bab 4 menerangkan tentang hasil penyelidikan ini, iaitu hasil bagi analisis risiko lubang benam menggunakan teknik GIS. Bab ini juga mengandungi ulasan dan keputusan kajian yang diperolehi.

Bab 5 merupakan kandungan kesimpulan terhadap kajian yang telah dijalankan. Disamping itu, cadangan-cadangan juga dimuatkan untuk kajian yang berkaitan dengan fenomena dan kejadian lubang benam atau tanah jerlus di masa hadapan.