

**APLIKASI SISTEM MAKLUMAT GEOGRAFI
(GIS) DAN *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS*
(AHP) DALAM PENGENALPASTIAN KAWASAN
BERISIKO TANAH RUNTUH DI SEKITAR
KAWASAN KOTA KINABALU, SABAH**



MOHAMMAD AIMAN BIN ISMAIL

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**FAKULTI KEMANUSIAAN, SENI & WARISAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2016**

**APLIKASI SISTEM MAKLUMAT GEOGRAFI
(GIS) DAN *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS*
(AHP) DALAM PENGENALPASTIAN KAWASAN
BERISIKO TANAH RUNTUH DI SEKITAR
KAWASAN KOTA KINABALU, SABAH**

MOHAMMAD AIMAN BIN ISMAIL



**TESIS INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI
SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA
SASTERA**

**FAKULTI KEMANUSIAAN, SENI & WARISAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2016**

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN TESIS

JUDUL : _____

IJAZAH : _____

SAYA : _____ SESI PENGAJIAN : _____

(HURUF BESAR)

Mengaku membenarkan tesis *(LPSM/Sarjana/Doktor Falsafah) ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. Sila tandakan (/)

SULIT (Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD (Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh:

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: _____

(NAMA PENYELIA)

TARIKH: _____

TARIKH: _____

Catatan:

*Potong yang tidak berkenaan.

*Jika tesis ini SULIT dan TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

*Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana Secara Penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Fenomena ataupun kejadian tanah runtuh ini juga merupakan bencana alam (*natural disaster*) yang kedua paling signifikan dikenal pasti oleh Program Pembangunan Bangsa-Bangsa Bersatu (PBB) (*United Nations Development Program*) (UNDP 2004). Kemusnahan kesan daripada bencana alam ini telah mengakibatkan kerugian yang dianggarkan melebihi USD 5 bilion, selain melibatkan kematian 57,028 orang dan hampir 4 juta orang kehilangan tempat tinggal di seluruh dunia (OFDA/CRED 2007).

Negara-negara di benua Asia merupakan penyumbang tertinggi kepada rekod bencana (disaster) tanah runtuh. Buktinya apabila hampir 50% kejadian bencana tersebut berlaku di Benua Asia seperti yang ditunjukkan pada Jadual 1.1. Kejadian tanah runtuh turut menyebabkan kerugian sebanyak 0.5% daripada keseluruhan pendapatan *Keluaran Dalam Negara Kasar (KDNK)* tahunan bagi beberapa negara di Benua Asia dan Benua Amerika (Chung et al., 1995). Pelbagai usaha telah dilaksanakan bagi menangani isu tanah runtuh secara global mahupun di peringkat nasional. Antaranya pihak PBB telah melancarkan satu resolusi yang mengisytiharkan tahun 1990-2000 sebagai "*Dekad Antarabangsa untuk Pengurangan Bencana Alam (International Decade for Natural Disaster Reduction)*". Di Malaysia pula, Jabatan Kerja Raya Malaysia telah melancarkan "*Pelan Induk Cerun Negara 2009-2023*" (JKR, 2009) yang bermatlamat untuk menyediakan dasar, strategi dan pelan tindakan yang menyeluruh dan berkesan bagi mengurangkan risiko akibat bencana tanah runtuh di Malaysia. Beberapa negara maju di seluruh dunia seperti New Zealand (AS/NZS 2004), USA (UNDP 2004), Australia (AGS 2007a; 2007b; 2007c; 2007d; 2007e), Eropah (UPC 2011), dan lain-lain turut menerbitkan garis panduan yang menjadi tunjang kepada penyelidikan "*Pengurusan Risiko Tanah Runtuh (Landslide Risk Management, LRM)*" pada abad ini.

Jadual 1.1: Rekod Statistik Kejadian Tanah Runtuh Di Dunia Bagi Tahun 1903-2007

Benua	Kejadian	Kematian	Kecederaan	Kehilangan Tempat Tinggal	Kemudaratan (Affected)	Jumlah Kemudaratan	Kerosakan USD (000's)
Afrika Purata per kejadian	23	745	56	7,936	13,748	21,740	Tiada data
		32	2	345	598	945	
Amerika Purata per kejadian	145	20,684	4,809	186,752	4,485,037	4,676,598	1,226,927
		143	33	1,288	30,931	32,252	8,462
Asia Purata per kejadian	255	18,299	3,776	3,825,311	1,647,683	5,476,770	1,534,893
		72	15	15,001	6,462	21,478	6,019
Europa Purata per kejadian	72	16,758	523	8,625	39,376	48,524	2,487,389
		233	7	120	547	674	34,547
Oceania Purata per kejadian	16	542	52	18,000	2,963	21,015	2,466
		34	3	1,125	185	1,313	154
Jumlah	511	57,028	9,216	4,046,624	6,188,807	10,244,647	5,251,675

Sumber: OFDA/CRED 2007

1.2 Penyataan Masalah

Di Malaysia, kejadian tanah runtuh atau pun gelinciran merupakan antara fenomena yang sering mendapat perhatian daripada pelbagai pihak ekoran peningkatan kekerapan dan impak negatif yang dihasilkan olehnya. Berdasarkan rekod statistik, semenjak tahun 1919 hingga tahun 2002 sahaja, terdapat lebih kurang 33 kejadian tanah runtuh telah dilaporkan berlaku di Malaysia seperti mana yang ditunjukkan pada jadual 1.2 (News Straits Times, 2002). Jumlah ini tidak termasuk, kejadian-kejadian lainnya seperti runtuhannya di Ringlet, Cameron Highlands yang berlaku pada 11 Mei 1961 dan beberapa lagi siri kejadian lain. Impak negatif yang dihasilkan melalui beberapa siri kejadian tanah runtuh ini bukan sekadar menyebabkan kerugian harta benda yang besar malah juga telah melibatkan kehilangan nyawa dalam jumlah yang ramai (News Straits Times, 2002). Kelemahan dalam kaedah perancangan konvensional yang tidak sistematik.

Jadual 1.2: Statistik Kejadian Tanah Runtuh Di Malaysia

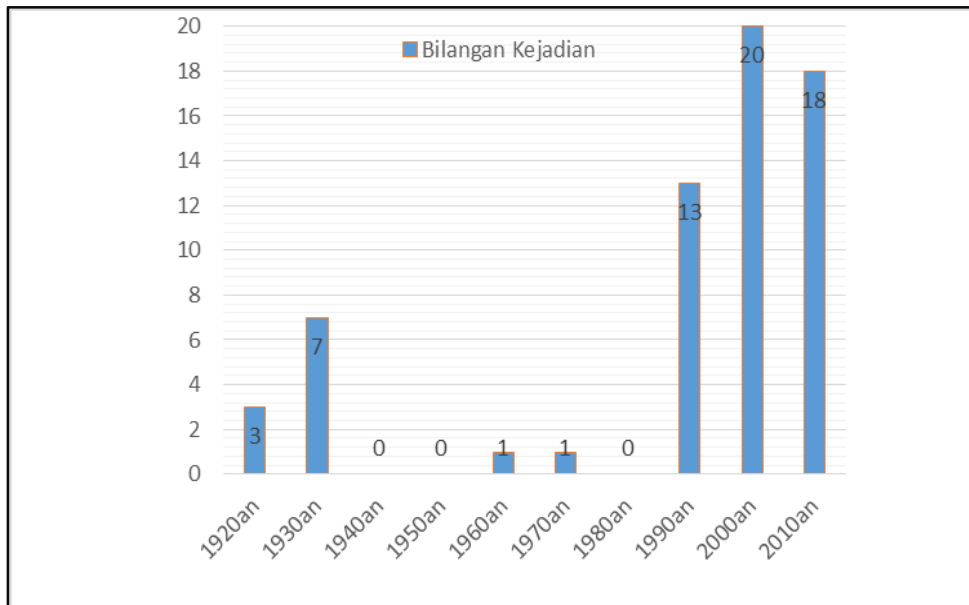
Tarikh	Lokasi	Fasaliti/Kerugian
17 Dis 1919	Bukit Tunggal, Perak	12 mati
18 Okt 1973	Gunung Cheroh, Perak	40 mati
21 Okt 1976	Kg. Sengat, Ipoh, Perak	-
10 Dis 1991	Lebu Raya KL-Karak	-
11 Nov 1993	Lebu Raya Karak-Bentong	-
28 Nov 1993	Km 63 Lebu Raya KL-Karak	2 mati
11 Dis 1993	Blok 1 Highland Towers, Ampang	48 mati
15 Dis 1993	Kuala Lipis	9 kereta tertimbus
22 Mac 1994	Pine Resort, Bukit Fraser	Apartmen rosak
2 Mei 1994	Perumahan Puchong Perdana (bekas lombong)	3 mati
30 Jun 1995	Genting Sempah, jalan ke Genting Highlands	20 mati, 22 cedera
7 Ogos 1995	Jalan KL – k.Lipis (Bukit Fraser)	-
6 Jan 1996	Gua Gempurung, Lebu Raya Utara-Selatan	1 mati
29 Ogos 1996	Pos Dipang, Kampar, Perak	35 mati, 9 hilang
10 Okt 1996	Km 49 Jln Ipoh, Kuala Terla, Cameron Highland	4 mati, 2 cedera
11 Okt 1996	Km 96 Jln KL – Raub ke Bukit Fraser	-
12 Okt 1996	Km 96 Jln KL – Raub ke Bukit Fraser	-
10 Jan 1997	Km 4.5 Jln Tuaran, Sabah	-
12 Mac 1997	Rumah Panjang KTM, Kg Kerinchi	1 cedera
11 Mei 1997	Jalan Pantai Dalam, KL	1 mati 4 cedera
28 Nov 1998	Bukit Awana, Pulau Pinang	15 kenderaan tertimbus
8 Feb 1999	Taman Ceupacs	-
3 Apr 1999	Bukit Fraser	-

15 Mei 1999	Bukit Antarabangsa	10 ribu penduduk terkandas
24 Nov 1999	Km 25 Lebu Raya Karak	-
9 Jan 2000	Tanah Rata- Brinchang, Cameron Highland	Gangguan
7 Feb 2000	Sandakan, Sabah	17 cedera
3 Jan 2001	Jalan Ulu Yam dekat Empangan Batu	-
7 Jan 2001	Sepanggar Bay, Sabah	3 mati
13 Apr 2001	Tmn Rawang Perdana, Rawang	Rumah-rumah rosak
22 Sep 2001	Sg Chinchin, Km 13, Jln Gombak	1 mati
28 Dis 2001	Gunung Pulai, Johor	4 mati
28 Jan 2002	Simunjan, Kuching, Sarawak	16 mati
20 Nov 2002	Taman Hillview, Ampang Jaya	8 mati, 5 cedera

Sumber: dipetik dan diubahsuai daripada < web www.emedia.com.my dan News Straits Times 2002 > di akses pada 12.2.2012.

Tidak hanya di Malaysia secara umumnya, Negeri Sabah juga merupakan antara sebuah kawasan yang amat terdedah dengan bencana ini. Terdapat banyak kejadian-kejadian tanah runtuh dilaporkan telah berlaku khususnya di Daerah Kota Kinabalu. Antaranya adalah peristiwa runtuh tanah lereng bukit yang berlaku di Kg. Luk Bunoq iaitu pada 26 Disember 2001 dan 30 Jun 2006, runtuh cerun benteng di Lebu Raya Sepanggar (10 Oktober 2006), runtuh lereng bukit di Kg. Tebobon (2010), dan lain-lain lagi (Lampiran D). Impak daripada ketiga-tiga siri kejadian tanah runtuh tersebut telah mengorbankan 12 nyawa penduduk kampung dan meranapkan 27 buah rumah dengan jumlah kerugian harta benda yang dianggarkan hampir mencecah ratusan ribu ringgit. Ironinya, sebahagian besar daripada kejadian tanah runtuh di Kota Kinabalu dicatatkan hanya berlaku dalam tiga abad terakhir ini iaitu pada tahun 1990an, 2000an dan 2010an seperti mana yang ditunjukkan pada rajah 1.1.

Rajah 1.1: Rekod Statistik Kejadian Tanah Runtuh Yang Berlaku Di Kota Kinabalu Sekitar Tahun 1920 Hingga Tahun 2010



Sumber: Jabatan Kerja Raya Sabah, 2011

Perkara ini berlaku antaranya adalah disebabkan kurangnya sebarang perincian atau *data base* yang lengkap dan bersistematik yang berfungsi sebagai rujukan untuk mengetahui elemen penyebab (elemen berisiko) yang boleh dikaitkan dengan kejadian tanah runtuh yang berlaku di Daerah Kota Kinabalu. Walhal, perkara ini amat penting dikenal pasti bagi memudahkan penentuan zon-zon kawasan yang berpotensi terjadinya tanah runtuh dilakukan. Beberapa kaedah atau pendekatan telah banyak digunakan dalam melakukan pemetaan terhadap kawasan tanah runtuh antaranya adalah menggunakan pendekatan *Geographical Information System* (GIS) dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Kajian-kajian seumpama ini telah banyak dijalankan di dalam dan luar negara. Namun penggunaan kedua-dua kaedah ini di Sabah (khususnya Kota Kinabalu) masih kurang dan hampir tiada lansung. Oleh itu, pendekatan bagi kaedah kajian yang melibatkan GIS dan AHP ini sesuai di jalankan di Kota Kinabalu disebabkan beberapa faktor antaranya adalah kesan desakan aktiviti pembangunan yang rancak di kawasan kajian ini telah menyebabkan kerja-kerja pemotongan atau penambakan cerun untuk tujuan pembinaan jalan raya, pembangunan infrastruktur dan pembinaan tempat kediaman atau bangunan semakin berleluasa sehingga menjajar tanpa kawalan ke kawasan yang bertopografi tinggi. Dengan adanya kaedah kajian seumpama ini, pengelasan zon-zon risiko tanah

runtuh dapat dilakukan. Hasil daripada penentuan zon-zon risiko tanah runtuh ini sedikit sebanyak dapat membantu pihak yang berkenaan merancang satu-satu pembangunan yang bakal dijalankan sekaligus membaik pulih kawasan-kawasan yang dikenal pasti sebagai zon risiko tanah runtuh. Oleh hal demikian, melalui pernyataan di atas wujud beberapa persoalan iaitu:

- i. Apakah elemen berisiko yang menjadi pemangkin kepada berlakunya kejadian tanah runtuh di Kota Kinabalu?
- ii. Kawasan manakah di Kota Kinabalu yang mempunyai potensi untuk berisiko tanah runtuh yang tinggi?
- iii. Sejauh manakah keberkesanan kaedah *Geographical Information System* (GIS) dan Analytical Hierarchy Process (AHP) dalam pengenalpastian kawasan berisiko tanah runtuh?

1.3 Objektif Kajian

Kajian ini mempunyai matlamatnya yang tersendiri bagi menjawab bentuk-bentuk persoalan yang wujud daripada hasil rentetan persoalan kajian di atas. Antara matlamat atau objektif yang ingin dicapai melalui kajian ini ialah:

- i. Mengenal pasti parameter dominan yang mencetus/mempengaruhi kejadian tanah runtuh di kawasan kajian.
- ii. Menganalisis Kawasan-kawasan berpontensi berlakunya kejadian tanah runtuh di Kawasan Kota Kinabalu.
- iii. Mengesahkan keberkesanan penggunaan dan pengaplikasian kaedah GIS dan AHP dalam pengenalpastian kawasan berisiko tanah runtuh.

1.4 Skop Kajian

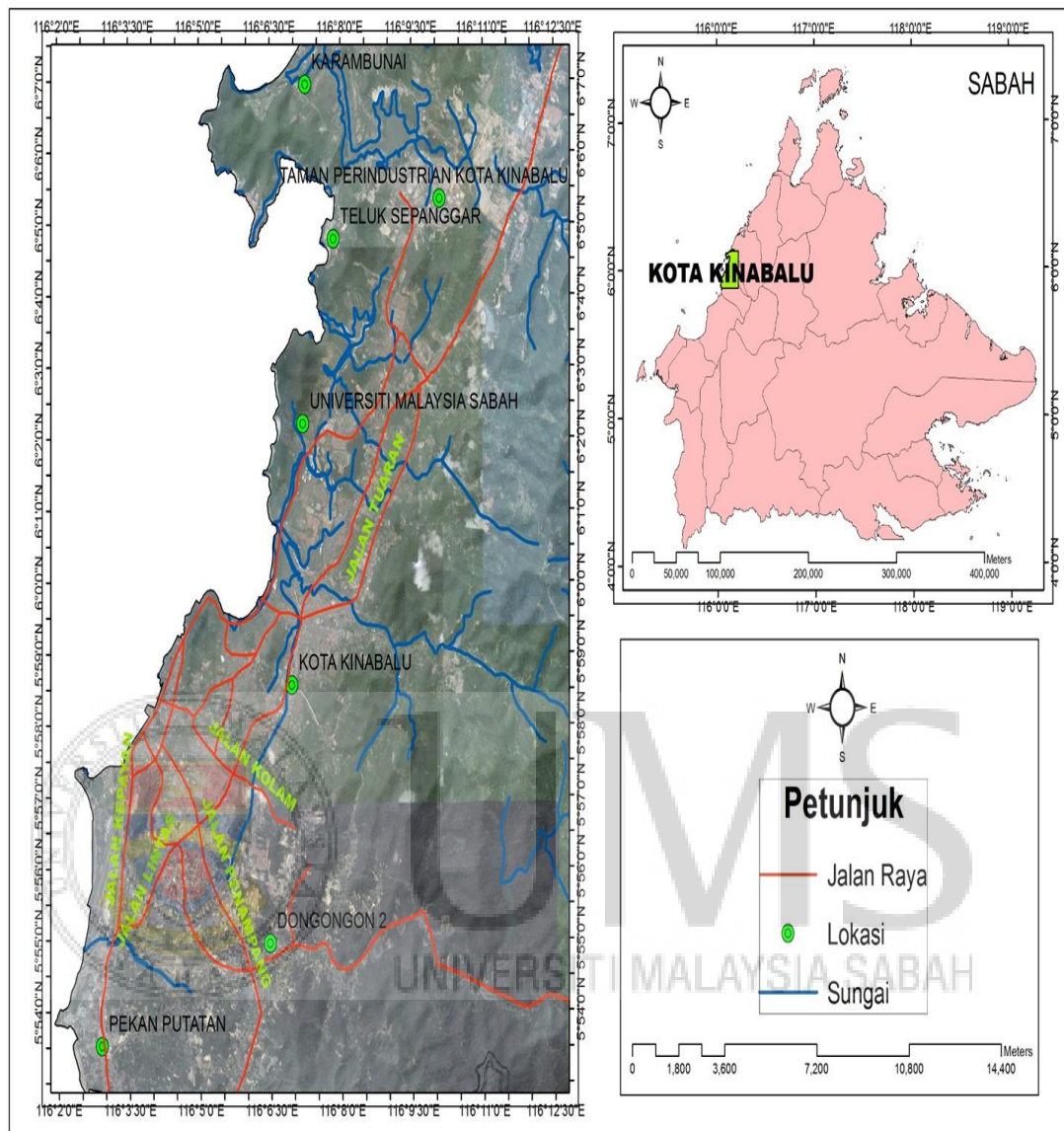
Kajian ini memfokuskan kepada pengenalpastian kawasan berisiko berlakunya tanah runtuh di Kota Kinabalu, Sabah. Pengenalpastian kawasan berisiko tanah runtuh melibatkan pemilihan parameter iaitu a) Ketinggian, b) Kecerunan, c) Guna Tanah, d) Jenis Tanah dan e) Taburan Hujan. Setiap parameter ini merupakan elemen berisiko dalam mempengaruhi risiko kejadian tanah runtuh (Glade et.al.,

2000; Highland & Schuster 2001; Ayalew et.al., 2004; Yalcin 2007; Yalcin & Bulut 2007; Jadda et al., 2009; Rodeano et al., 2011; Villanueva et al., 2011). Daripada elemen- elemen risiko tanah runtuh ini, satu peta dihasilkan melalui pendekatan kaedah *Geographical Information System* (GIS) dan Analytical Hierarchy Process (AHP). Peta risiko tanah runtuh yang dihasilkan akan menentukan kedudukan kawasan-kawasan berisiko tanah runtuh dengan menunjukkan kadar peratus bagi setiap kawasan risiko. Bagi mengesahkan dapatan yang diperolehi, satu kaedah iaitu validasi model digunakan bagi kebolehpercayaan dapatan kajian.

1.5 Kawasan Kajian

Negeri Sabah terletak di bahagian utara Borneo, iaitu kira-kira pada garis lintang 30 42' ke utara dan garis bujur di antara 1150 20' hingga 1190 15' ke timur. Negeri Sabah merupakan negeri yang kedua terbesar selepas Sarawak yang mempunyai keluasan kira-kira 73,620 kilometer persegi, bersempadan dengan Wilayah Kalimantan, Indonesia di sebelah selatan dan Sarawak di sebelah barat daya. Suhu purata harian pula sekitar 24°C hingga 31°C dengan purata hujan tahunan sekitar 2,400 mm. Ibu Negeri Sabah adalah Bandaraya Kota Kinabalu. Terdapat lima bahagian sempadan utama iaitu Bahagian Pantai Barat, Bahagian Kudat, Bahagian Pedalaman, Bahagian Sandakan dan Bahagian Tawau serta mempunyai 23 buah daerah. Menurut bancian pada tahun 2010, penduduk di Sabah adalah seramai 3,129,040 orang dan merupakan negeri ketiga yang mempunyai jumlah penduduk teramai selepas Selangor dan Johor. Daerah Kota Kinabalu terletak di pantai barat negeri Sabah dan pada kedudukan longitud 116°06' 00" dan latitud 05°09' 00". Ibu Negeri Sabah ini turut membangun dengan pesat terutamanya daripada segi pembangunan. Bagi menampung jumlah penduduk yang meningkat, prasarana pembangunan turut diutamakan.

Rajah 1.2: Kawasan Kajian (Kota Kinabalu, Sabah)



Sumber: Kajilidikan 2014

1.6 Kepentingan Kajian

Hasil kajian ini akan membawa manfaat kepada pihak tertentu terutamanya pihak berkuasa tempatan dan Jabatan Perancangan Bandar Dan Desa dalam proses merancang pembangunan di Daerah Kota Kinabalu bersesuaian dengan garis panduan yang telah ditetapkan. Selain itu juga, kajian ini diharapkan sedikit sebanyak dapat memberi panduan kepada pihak berkuasa di dalam menetapkan zon kawasan bukit yang sesuai dan tidak sesuai dibangunkan. Matlamat kajian sedemikian diharapkan dapat di jadikan garis panduan dalam menyediakan

piawaian atau dasar-dasar bagi perancangan pembangunan baru di masa hadapan.

i. Dewan Bandaraya Kota Kinabalu

Hasil daripada kajian ini dapat dijadikan panduan kepada pihak berkuasa tempatan dalam meluluskan dan merancang sesuatu pembangunan di daerah Kota Kinabalu. Sesuatu perancangan pembangunan di daerah Kota Kinabalu ini boleh ditentukan dengan melihat kepada peta bukit berisiko tinggi bagi menentukan kesesuaian pembangunan di kawasan bukit mengikut darjah ketinggian dan mematuhi garis panduan pembangunan di kawasan bukit serta lereng bukit.

ii. Jabatan Perancangan Bandar dan Wilayah

Kajian ini juga penting dalam memainkan peranan bagi membantu Jabatan Perancangan Bandar dan Wilayah untuk membentuk rancangan pelan tempatan Daerah Kota Kinabalu yang bersesuaian bagi setiap jenis bukit di kawasan daerah Kota Kinabalu. Perancangan yang baik akan membantu mengurangkan berlakunya perkara negatif di kawasan bukit yang berisiko berlakunya tanah runtuh.

iii. Pihak pemaju

Pihak pemaju juga memainkan peranan yang penting dalam pembangunan dan pertumbuhan di kawasan Kota Kinabalu ini. Oleh itu, hasil kajian ini juga boleh dijadikan sebagai rujukan dalam menentukan kawasan yang sesuai untuk pembangunan sesuatu projek mengikut tahap risiko yang telah ditetapkan.

1.7 Rangka Tesis

Bagi menjalankan kajian ini, pengkaji telah membahagikan kepada 6 bab utama. Bab ini merupakan pengenalan awal kepada kajian yang dijalankan, yang merangkumi latar belakang kajian, objektif kajian, skop kajian dan kawasan kajian.

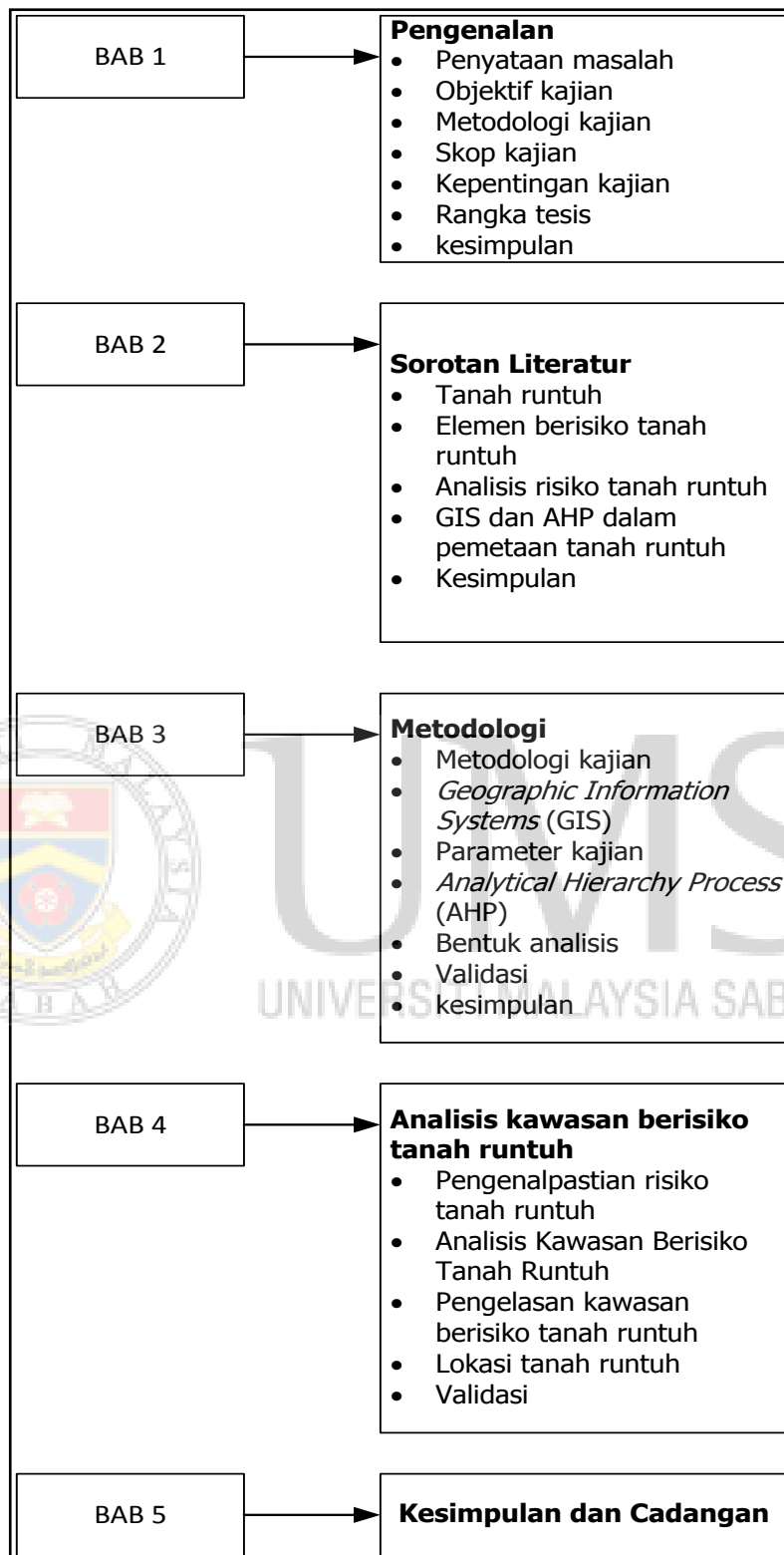
Manakala dalam bab 2 pula, melibatkan kajian literatur. Kajian literatur yang dijalankan adalah melibatkan Jenis-jenis tanah runtuh, faktor-faktor penyebab tanah runtuh, analisis bahaya tanah runtuh (merangkumi kaedah analisis yang digunakan) dan seterusnya melihat kepada kajian menggunakan kaedah GIS dan AHP dalam pemetaan kawasan tanah runtuh.

Seterusnya bab 3 pula, pengkaji akan menyentuh dan membincangkan metodologi atau kaedah yang akan diguna pakai dalam menjalankan kajian. Penjelasan terperinci tentang cara-cara penyediaan data sehinggalah pemilihan elemen berisiko dilakukan. Penerangan tentang kaedah-kaedah analisis secara terperinci turut diterangkan dalam bab 3.

Bab 4 dalam kajian ini akan menerangkan tentang elemen-elemen berisiko iaitu melibatkan parameter kajian. Parameter ataupun elemen ini terbahagi kepada lima; ketinggian, kecerunan, guna tanah, jenis tanah dan taburan hujan. Daripada elemen-elemen berisiko ini, maka peringkat analisis dilakukan menggunakan kaedah yang dijelaskan dalam bab 3 bagi menghasilkan peta risiko tanah runtuh. melalui peta risiko tanah runtuh ini, kaedah pengelasan (*standard deviation classification*) dilakukan dengan membahagiakan kepada 5 iaitu i) sangat rendah, ii) rendah, iii) sederhana iv) tinggi dan v) sangat tinggi. Hasil daripada pengelasan satu peta pengenalpastian kawasan berisiko tanah runtuh, kaedah validasi model iaitu bagi mengesahkan dapatan kajian dilakukan.

Bagi bab 5 pula, merupakan bahagian kesimpulan dan cadangan bagi keseluruhan kajian yang dijalankan.

Rajah 1.3: Rangka Kerja Penulisan



Sumber: Kajibidikan 2014

1.8 Kesimpulan

Secara keseluruhannya, bab ini telah menerangkan berkaitan dengan pengenalan awal mengenai kajian yang dijalankan termasuklah membincangkan mengenai pernyataan masalah, objektif kajian, metodologi, skop kajian, kawasan kajian, kepentingan kajian dan rangka tesis.

Pada peringkat pertama sebelum kajian ini dijalankan, pernyataan masalah yang berkaitan tanah runtuh di kawasan kajian telah dikenal pasti sepertimana yang dibincangkan di atas. Kejadian tanah runtuh merupakan satu ancaman yang besar kepada mana-mana negara terutama sekali negara yang sedang membangun seperti Malaysia. Pelbagai kaedah ataupun cara telah digunakan oleh para pengkaji untuk mengenal pasti faktor penyebab berlakunya tanah runtuh, namun kepelbagaian cara yang digunakan adalah berbeza mengikut kepada kajian yang dijalankan (Long dan Florimond, 2010). Oleh itu, dalam kajian ini pendekatan GIS dan AHP cuba di ketengahkan dan digunakankan di Kota Kinabalu Sabah dalam mengenalpastian kawasan berisiko tanah runtuh. Walaupun kaedah seperti ini telah diguna pakai di Kota Kinabalu, namun ia masih kurang di gunakan dalam melihat atau mengenal pasti kepada kawasan berisiko tanah runtuh melalui pengenalan kepada elemen yang mendorong kepada berlakunya tanah runtuh. Menjawab kepada persoalan kajian dan seterusnya memenuhi objektif kajian, penggunaan kaedah ini di gunakan di kawasan Kota Kinabalu.

Daripada pernyataan masalah yang diuraikan, maka objektif telah ditentukan bagi kajian ini dengan membahagikan kepada tiga objektif utama seperti yang diterangkan di bahagian atas. Selain itu, kepentingan kajian ini pula diharap sedikit sebanyak dapat membantu pihak yang terlibat dalam mengenal pasti kawasan yang berisiko mengalami tanah runtuh dalam kawasan kajian. Manakala rangka penulisan tesis dalam bab ini adalah penting dalam menjadi panduan kepada kajian ini untuk menstruktur dan menyusun penulisan dengan lebih baik dan terperinci.

BAB 2

SOROTAN LITERATUR

2.1 Pengenalan

Dalam bab ini, pengkaji akan membincangkan dan mengulas mengenai aspek-aspek yang berkaitan dengan morfologi tanah runtuh, pengelasan tanah runtuh, elemen berisiko tanah runtuh, analisis tanah runtuh, pengelasan data, Kaedah AHP dan GIS dan AHP dalam kajian tanah runtuh. Dengan kombinasi maklumat-maklumat di atas ini, hasil sorotan literatur yang lengkap diharap dapat dijadikan sebagai panduan penting kepada intipati Kajian dan input penulisan dalam tesis ini.

2.2 Tanah Runtuh

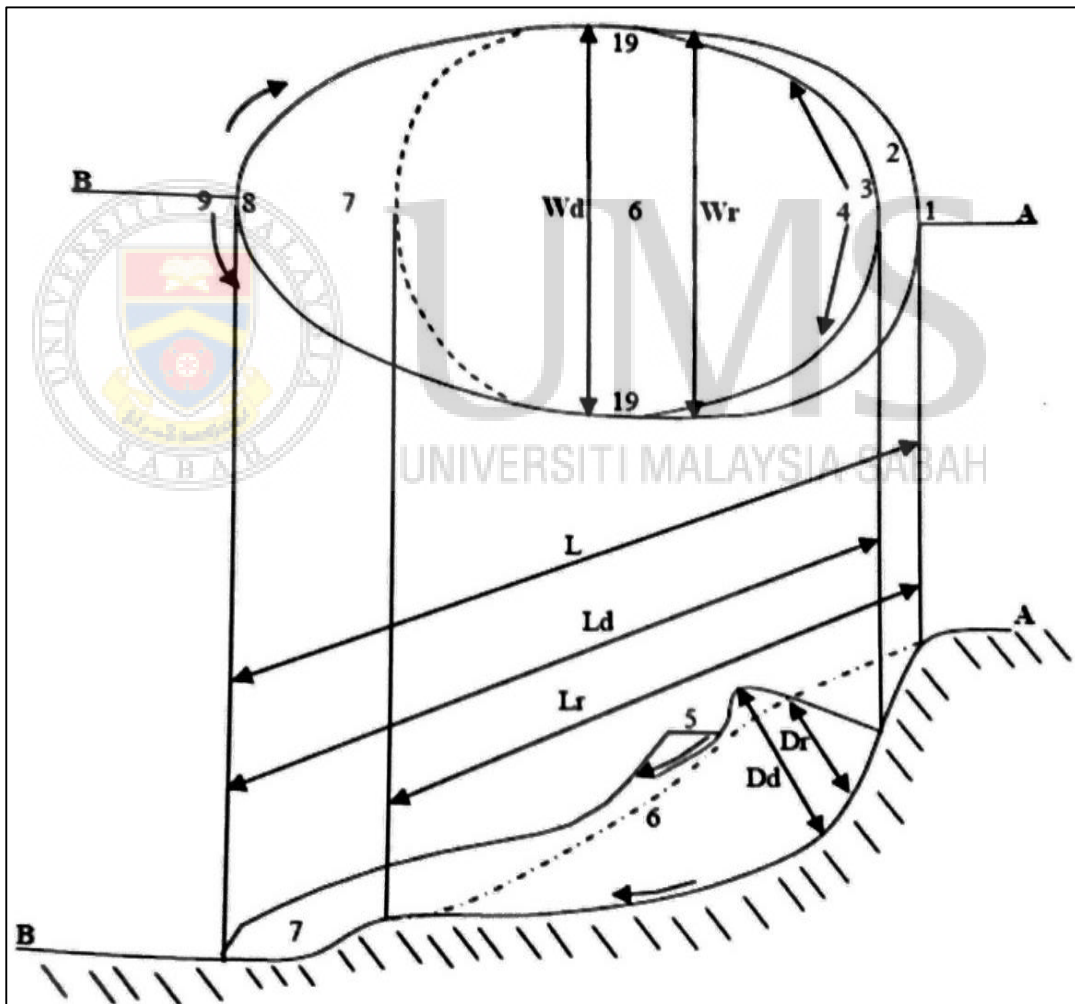
Tanah runtuh merupakan suatu proses semula jadi yang mengukir rupa bentuk permukaan bumi. Tanah runtuh dianggap bahaya dan boleh mendatangkan bencana sekiranya mengancam manusia dan harta benda. Sejak beberapa dekad yang lalu, pelbagai takrifan dan skema pengelasan tanah runtuh telah diterbitkan dalam *literature*, antara yang terkenal ialah Varnes (1978), Zaruba & Menci (1982), Ibrahim Komoo (1986), Crozier (1986), Hutchinson (1988), Cruden & Varnes (1996), Dikau et al., (1996) dan Hungr et al., (2001).

Takrifan umum tanah runtuh ialah "*pergerakan jisim batuan, tanah atau debris yang menurun cerun di bawah pengaruh graviti*" (Varnes, 1978). Walaupun tanah runtuh sering dikaitkan dengan kawasan pergunungan atau tanah tinggi, tanah runtuh juga boleh berlaku di kawasan tanah rendah. Di kawasan tanah rendah, tanah runtuh berlaku dalam bentuk kegagalan potongan dan tambakan (penggalian jalanraya dan bangunan), kegagalan tebing sungai, gelinciran tanah rebakan sisi, runtuh timbunan sisa lombong dan pelbagai jenis kegagalan cerun yang berasosiasi dengan aktiviti pengkuarian dan perlombongan.

2.2.1 Morfologi Tanah Runtuh

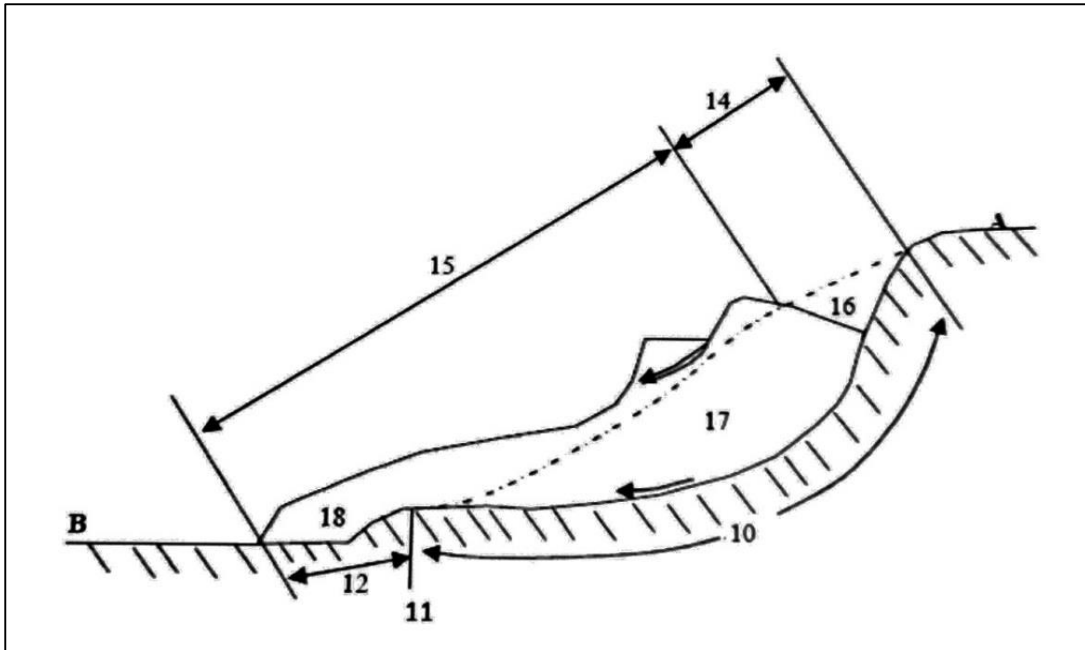
Sesebuah tanah runtuh dapat dikenali melalui morfologinya yang tersendiri. Morfologi tanah runtuh dapat dibahagikan kepada beberapa komponen dan dimensi (cth. lebar/nisbah kedalaman) serta boleh digunakan untuk membezakan jenis-jenis pergerakannya (Crozier, 1973; Varnes 1978; IAEG, 1990). Rajah 2.1 dan rajah 2.2 menunjukkan pelan dan keratan rentas morfologi tanah runtuh. Rajah 2.3 pula menunjukkan terminologi yang menerangkan fitur-fitur gelinciran tanah (Varnes, 1978). Keterangan bagi setiap komponen bernombor dalam rajah 2.1, rajah 2.2 dan rajah 2.3 dijelaskan dalam Jadual 2.1.

Rajah 2.1: Morfologi Tanah Runtuh (Pandangan Plan)



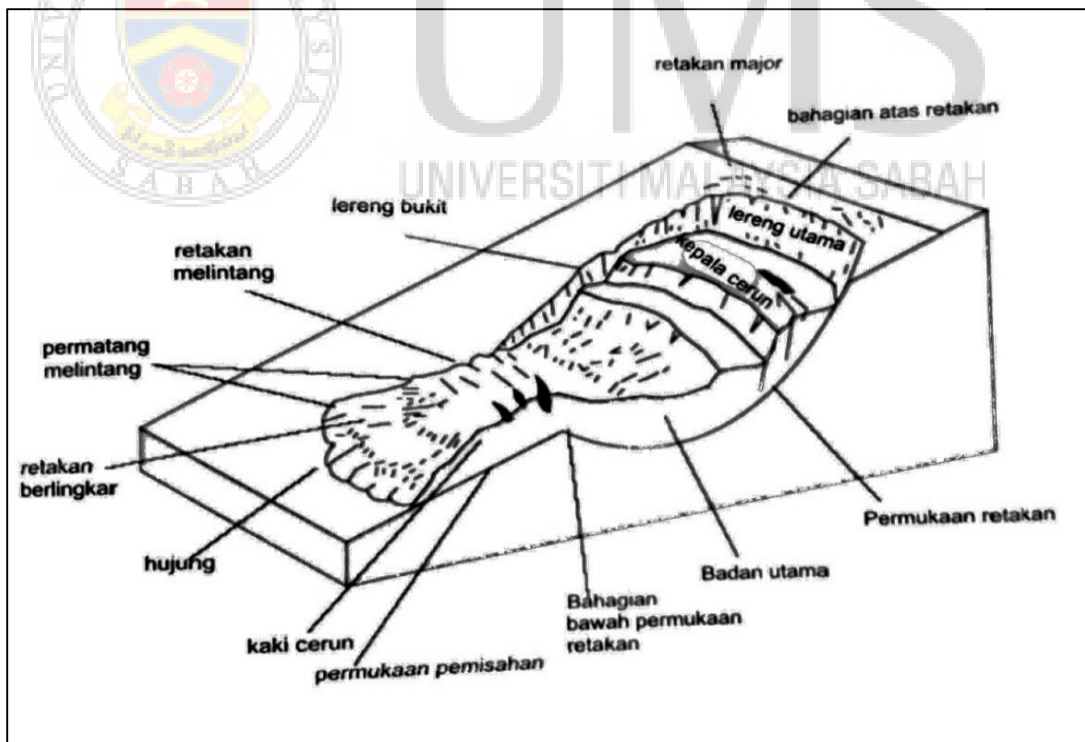
Sumber: Adaptasi daripada IAEG (1990)

Rajah 2.2: Morfologi Tanah Runtuh (Pandangan Keratin Rentas B-A)



Sumber: Adaptasi daripada IAEG (1990)

Rajah 2.3: Model Unggul Fitur-Fitur Tanah Runtuh Oleh Varnes (1978)



Sumber: USGS (2001)

Jadual 2.1: Terma-Terma Yang Digunakan Bagi Menerangkan Perbezaan Fitur-Fitur Pergerakan Dalam Runtuhan Tanah

no	Terma	Keterangan
1	Kepala Cerun	Secara pratikalnya bahan yang tidak teralih masih berada berdekatan dengan bahagian tertinggi cenuram utama.
2	Cenuram utama	Permukaan curam yang terletak di atas lebih tanah runtuh disebabkan oleh pergerakan bahan gelinciran yang berasal daripada bahan yang tidak teralih.
3	Bahagian atas	Titik tertinggi di antara bahan peralihan yang bersentuh dengan cenuram utama (2).
4	Kepala cerun	Bahagian atas tanah runtuh sepanjang persentuhan antara bahan peralihan dengan cenuram utama (2)
5	Cenuram minor	Permukaan cerun bahan peralihan tanah runtuh yang dihasilkan melalui pergerakan jisim runtuhan yang pelbagai.
6	Badan utama	Bahagian bahan peralihan tanah runtuh yang menindan cenuram utama (2) dengan hujung permukaan satah (11).
7	Kaki cerun	Kedudukan tanah runtuh yang bergerak keluar ke bahagian hujung satah permukaan (11) dan menindan permukaan tanah asal.
8	Puncak cerun	Titik hujung (9) yang terletak jauh daripada bahagian atas (3) tanah runtuh.
9	Hujung cerun	Bahagian bawah yang kebiasaannya margin melengkung di bahagian bahan peralihan dan terletak jauh daripada cenuram utama (2).
10	Permukaan satah	Unjuran permukaan cenuram utama (2) yang terletak di bahagian bawah bahan peralihan.
11	Permukaan hujung satah	Intersaksi (kadang kala tertimbus) di antara bahagian bawah permukaan satah (10) tanah runtuh dengan permukaan tanah asal.
12	Permukaan pembahagian	Bahagian permukaan asal tanah yang tertindan oleh kaki cerun tanah runtuh.

13	Bahan peralihan	Bahan yang teralih daripada kedudukan asal cerun melalui pergerakan tanah runtuh.
14	Zon pemisahan	Kawasan di antara bahan peralihan tanah runtuh (13) yang terletak di bahagian bawah permukaan tanah asal.
15	Zon akumulasi	Kawasan di antara bahan peralihan tanah runtuh yang terletak di atas permukaan tanah asal.
16	Pemisah	Isipadu yang disempadani oleh cenuram utama (2) dan jisim pemisahan (17).
17	Jisim pemisahan	Bahagian bahan peralihan yang bertindan dengan permukaan satah (10) tetapi terletak di bahagian bawah permukaan tanah asal.
18	Akumulasi	Isipadu bahan peralihan (13) yang terletak di bahagian atas permukaan tanah asal.
19	Sayap	Bersebelahan dengan tanah runtuh. Arah kompas diperlukan untuk menerangkannya tetapi sekiranya bahagian kanan dan kirinya kelihatan, ia dirujuk sebagai pandangan runtuh bahagian kepala cerun.

Sumber: IAEG 1990

2.2.2 Pengelasan Tanah Runtuh

Tanah runtuh lazimnya boleh dikelaskan dengan mengambil kira jenis bahan pembentuk cerun (tanah, batuan, bahan tambakan dan debris), kadar pergerakan (sangat pantas, pantas, sederhana, perlahan, sangat perlahan, dan berskala), mekanisme kegagalan (jatuhan, rayapan, rebakan, aliran, gelinciran, gelongsoran dan nendatan), bentuk permukaan satah kegagalan (baji, satah, cembung, cekung, dan tak sekata), saiz dan isipadu (kecil, sederhana dan besar) serta bentuk dan geometri kegagalan (baji, satah, blok, bidur, cetek, dan dalam).

Istilah tanah runtuh yang digunakan dalam penulisan tesis ini adalah merujuk kepada pengelasan yang dicadangkan oleh Vernes (1978) iaitu berdasarkan tipologi pergerakan (Kadar dan mekanisme) dan jenis bahan pembentuk cerun (Jadual 2.2 dan Rajah 2.4).

Jadual 2.2: Jenis-Jenis Tanah Runtuh, Versi Ringkas Berdasarkan Pengelasan Vernes (1978)

Jenis Pergerakan	Jenis bahan		
	Batuan dasar	Tanah	
		Kasar	Halus
Jatuhan	Jatuhan batuan	Jatuhan	Jatuhan tanah
Terbalikan	Terbalikan batuan	Terbalik debris	Terbalikan tanah
Putaran	Gelongsoran batuan	Gelongsoran debris	Gelongsoran tanah
Gelinciran	Tepian blok batuan;	Tepian blok debris;	Tepian blok tanah;
Peralihan	Sisi batuan	Sisi debris	Sisi tanah
Rebakan sisi	Rebakan batuan	Rebakan debris	Rebakan tanah
Aliran	Aliran batuan (rayapan dalam)	Aliran debris (rayapan tanah)	Aliran tanah (rayapan tanah)

Pergerakan cerun kompleks (cth. Gabungan dua atau lebih jenis)

Sumber: Vernes 1978

Berdasarkan tipologi pergerakan dan bahan-bahannya, jenis-jenis tanah runtuh dapat dikategorikan kepada enam iaitu:

a. Jatuhan

Jatuhan adalah pergerakan mendadak bahan jisim geologi seperti batu-batuan dan bongkah-bongkah yang terpisah daripada cerun yang curam atau tebing (Varnes, 1978; Hansen, 1984; Cruden & Varnes, 1996). Pemisahan berlaku di sepanjang satah ketakselajaran seperti retakan, kekar, satah peralihan serta pergerakan yang berlaku secara jatuhan bebas, melantun dan bergolek (Rajah 2.4). Jatuhan dipengaruhi oleh gravity, luluhawa mekanik dan kehadiran air resipan.

b. Terbalikan

Kegagalan terbalikan dibezakan oleh putaran ke hadapan unit, atau beberapa unit titik penting (*pivotal*) di bahagian bawah, atau unit rendah di bawah tindakan graviti dan daya yang dikenakan oleh unit-unit berebelahan, atau oleh cecair di dalam

rekahan (Varnes, 1978; Cruden & Varnes, 1996; Selby, 2000; Highland & Bobrowsky, 2008) (Rajah 2.4).


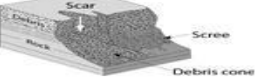


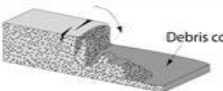

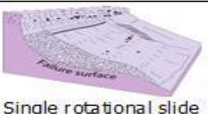
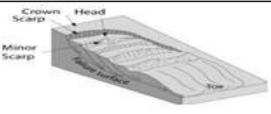

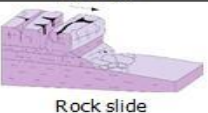


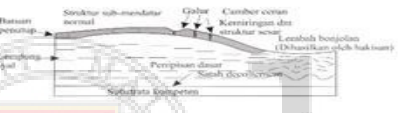
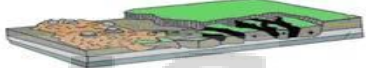

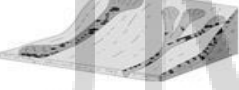


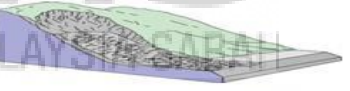
c. Runtuhan

Runtuhan merujuk kepada pergerakan jisim, di mana terdapat zon lemah berbeza dalam memisahkan bahan runtuhan dari bahan asas yang lebih stabil (Varnes, 1978; Cruden & Varnes, 1996; Highland & Bobrowsky, 2008). Terdapat dua jenis mekanisme pembentukan runtuhan iaitu runtuhan putaran (*rotational slides*) dan runtuhan peralihan (*translational slides*) (Rajah 2.4). Runtuhan putaran berlaku apabila permukaan pecah secara melengkung cekung ke atas dan pergerakannya berbentuk seakan putaran pada paksi yang selari dengan permukaan satah dan melintang ke keseluruhan satah runtuhan. Runtuhan peralihan pula bergerak di sepanjang permukaan satah kegagalan dengan sedikit putaran atau penyengetan ke belakang. Runtuhan blok merupakan runtuhan peralihan yang menggerakkan jisim pada satu unit tunggal atau sedikit.

d. Rebakan sisi

Rebakan sisi berlaku pada cerun yang sangat landai atau kawasan terain yang rata (Rajah 2.4). Ragam dominan pergerakannya adalah lanjutan sisi yang disertai oleh retakan tegangan atau retakan ricih (Varnes, 1978; Cruden & Varnes, 1996; Highland & Bobrowsky, 2008). Kegagalan jenis rebakan sisi adalah disebabkan oleh pencairan, proses di mana tepu, longgar, sedimen tak berjelikit (biasanya pasir dan kelodak) yang berubah dari pepejal kepada keadaan cecair. Kegagalan biasanya dicituskan oleh pergerakan tanah yang pesat, seperti yang dialami semasa gempa bumi, tetapi juga boleh disebabkan pengaruh artifisial. Apabila bahan berjelikit, sama ada batuan atau tanah, bahan-bahan sisa akan mencair, unit atas boleh mengalami keretakan dan perlanjutan, dan boleh terbenam, teralih, berputar, hancur atau cair dan mengalir (Selby, 2000; Highland & Bobrowsky, 2008). Rebakan sisi dalam bahan-bahan berbutiran halus di dalam cerun cetek kebiasaannya progresif. Kegagalan bermula secara tiba-tiba di kawasan kecil dan merebak dengan cepat. Selalunya kegagalan awal bermula dalam bentuk gelongsoran, tetapi dalam beberapa pergerakan bahan-bahan berlaku tanpa bukti yang jelas.

Rajah 2.4: Skema Yang Menggambarkan Jenis-Jenis Utama Pergerakan Tanah Runtuh Berdasarkan Varnes (1978)

Material Movement type		ROCK	DEBRIS	EARTH
FALLS		 Rock fall	 debris fall	 Earth fall
		 Rock topple	 Debris topple	 Earth topple
SLIDES	Rotational	 Single rotational slide (Slump)	 Multiple rotational slide	 Successive rotational slide
	Translational (Planar)	 Rock slide	 Debris slide	 Earth spread
SPREADS	 <p>Batasan penutup Sindur sub-mendatar Lempeng dal Sudut rata Galur Camber coran Keretingan dan struktur asas Lembah bongkolan (Dibawakan oleh tak tuam) Pempusan dalam Sarak disalokkan Sudut rata</p>		e.g cambering and valley bulging	 Earth spread
FLOWS	 Solifuction flows (Periglacial debris flows)		 Debris flow	 Earth flow (mud flow)
COMPLEX	 e.g. Slump-earthflow with rockfall debris		 e.g. composite, non-circular part rotational/part translational slide grading to earthflow at toe.	

Sumber: Ubah Suai Daripada USGS (2001)

e. Aliran

Terdapat lima kategori asas dalam jenis aliran iaitu:

- i. Aliran debris: Ia bergerak secara pesat hasil gabungan tanah longgar, batuan, bahan organik, udara dan air yang menggerakannya sebagai puing yang mengalir menuruni cerun (Varnes, 1978; Cruden & Varnes, 1996; Selby 2000; Hungr et al., 2001; Highland & Bobrowsky, 2008) (Rajah 2.4). Aliran debris mengandungi <50% bahan berbutiran halus. Ia biasanya disebabkan oleh aliran permukaan air hujan lebat atau peleburan ais yang pesat yang menghakis dan

menggerakkan tanah atau batuan longgar di cerun curam. Aliran debris sering digerakkan dari lain-lain jenis tanah runtuh yang berlaku pada cerun curam. Kandungan bahannya adalah hampir tepu dan terdiri daripada sebahagian besar daripada bahan kelodak dan bersaiz pasir. Kawasan sumber aliran debris sering berasosiasi dengan galur curam, dan pengendapan aliran debris biasanya ditunjukkan oleh kehadiran kipas debris di bahagian mulut galur (Selby, 2000; Hungr et al., 2001; Highland & Bobrowsky, 2008). Kebakaran yang menghapuskan tumbuhan pada cerun turut meningkatkan kadar kemudahrentanannya kepada aliran debris.

- ii. Runtuhan serpihan: terdiri daripada yang sangat pesat hingga ke lampau pesat aliran debris (Varnes, 1978; Cruden & Varnes, 1996; Hungr et al., 2001) (Rajah 2.4).
- iii. Aliran tanah: Aliran tanah mempunyai ciri-ciri berbentuk "*hourglass*" (Rajah 2.4). Bahan cerun mudah mencair dan mengalir keluar, membentuk mangkuk atau depresi pada bahagian kepalanya. Pengalirannya secara memanjang dan biasanya berlaku dalam bahan-bahan berbutiran halus atau batuan liat-gelas (*clay-bearing rocks*) pada cerun yang sederhana dan dalam keadaan tepu. Walau bagaimanapun, aliran kering bahan berbutiran kasar juga turut berlaku (Varnes, 1978; Cruden & Varnes, 1996; Hungr et al., 2001).
- iv. Aliran lumpur: Aliran lumpur merupakan suatu aliran tanah yang terdiri daripada bahan yang cukup basah mengalir dengan cepat dan mengandungi sekurang-kurangnya 50 peratus kandungan zarah yang bersaiz pasir, kelodak dan tanah liat (Varnes, 1978; Cruden & Varnes, 1996; Hungr et al., 2001). Dalam keadaan tertentu, aliran lumpur dan aliran debris juga dirujuk sebagai "runtuhan lumpur" (*mudslides*) (Rajah 2.4).
- v. Rayapan: Rayapan adalah sangat perlahan, mantap dan pergerakannya ke bawah menuruni cerun yang membentuk tanah atau batuan. Pergerakannya adalah disebabkan oleh tegasan ricih yang mencukupi untuk menghasilkan