

**APLIKASI GEOSPATIAL DAN MODEL
ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS DALAM
MENGANALISIS KERENTANAN DI JALAN
TAMBUNAN-RANAU, SABAH, MALAYSIA**



WOON ZHAN WEN

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**FAKULTI KEMANUSIAAN, SENI DAN WARISAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2020**

**APLIKASI GEOSPATIAL DAN MODEL
ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS DALAM
MENGANALISIS KERENTANAN DI JALAN
TAMBUNAN-RANAU, SABAH, MALAYSIA**

WOON ZHAN WEN



**TESIS INI DISERAHKAN UNTUK MEMENUHI
KEPERLUAN PENGIJAZAHAN IJAZAH
SARJANA SASTERA**

**FAKULTI KEMANUSIAAN, SENI DAN WARISAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

2020

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL : **APLIKASI GEOSPATIAL DAN MODEL *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS* DALAM MENGANALISIS KERENTANAN DI JALAN TAMBUNAN-RANAU, SABAH, MALAYSIA**

IJAZAH : **SARJANA SASTERA**

BIDANG : **GEOGRAFI**

Saya **WOON ZHAN WEN**, Sesi **2017-2020**, mengaku membenarkan tesis Sarjana ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis ini 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 dalam AKTA RAHSIA 1972)

TERHAD

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

TIDAK TERHAD

Disahkan Oleh,

WOON ZHAN WEN
MA1711208T

(Tandatangan Pustakawan)

Tarikh : 20 Ogos 2020

(Hj. Mustapa Abd. Talip)
Penyelia

PENGAKUAN

Saya mengaku bahawa Tesis Sarjana ini merupakan hasil usaha dan kerja saya sendiri, melainkan petikan dan ringkasan yang setiap satunya saya telah menjelaskan sumbernya.

30 Januari 2020

Woon Zhan Wen

MA1711208T



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGESAHAN

NAMA : **WOON ZHAN WEN**
NO MATRIK : **MA1711208T**
TAJUK : **APLIKASI GEOSPATIAL DAN MODEL
ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS DALAM
MENGANALISIS KERENTANAN DI JALAN TAMBUNAN-
RANAU, SABAH, MALAYSIA.**
IJAZAH : **SARJANA SASTERA**
BIDANG : **GEOGRAFI**
TARIKH VIVA : **30 JANUARI 2020**



PENYELIAAN TUNGGAL

PENYELIA

Hj. Mustapa Abd. Talip

DISAHKAN OLEH:

UMS
Tandatangan
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGHARGAAN

Setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih dirakamkan kepada Hj. Mustapa Abd. Talip atas segala nasihat, dorongan, bantaun dan keprihatian semasa menyempurnakan tesis ini. Bimbingan, pandangan dan tunjuk-ajar yang dihulurkan oleh penyelia saya banyak membantu kepada kejayaan latihan ilmiah ini. Saya amat menghargai kesabaran beliau yang sedia berkongsi maklumat dan kemahiran, senang dihubungi dan cepat dalam tindakan semasa sesi penyeliaan terhadap kajian ini serta maklum balas daripada beliau yang meyakinkan amat membantu untuk menyempurnakan tesis ini.

Woon Zhan Wen
30 Januari 2020



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

ABSTRAK

Tanah runtuh adalah pergerakan jisim batuan, tanah atau debris yang menuruni cerun di bawah pengaruh graviti. Fenomena ini berlaku di kawasan cerun dengan turun atau jatuh secara tiba-tiba. Kajian ini telah dijalankan di kawasan sekitar Jalan Tambunan-Ranau dengan memfokus kepada (5) lima parameter iaitu geologi, kecerunan, ketinggian, taburan hujan dan jenis guna tanah yang berdasarkan objektif iaitu memetakan dan mengkelaskan kejadian tanah runtuh mengikut zon dan mengenalpasti potensi tanah runtuh yang berdasarkan faktor fizikal dan faktor manusia yang berada di kajian kes tersebut. Untuk menganalisis kawasan potensi berlaku tanah runtuh, kajian ini telah menggunakan dan kaedah Model *Analytical Hierarchy Process* bagi memetakan kawasan potensi berlaku tanah runtuh dalam bentuk *raster*. Teknik pengumpulan data berdasarkan model AHP telah diintegrasikan ke dalam bentuk statistik untuk diproses dan menghasilkan nilai *ranking*. Data Model AHP adalah valid, di mana nilai *Consistency Ratio* adalah 0.06 dan nilai *ranking* telah dimasukkan ke dalam perisian ArcGIS untuk diproses semula. Selepas pemprosesan data untuk setiap lapisan data parameter, dengan menggunakan kaedah *Weighted Sum* dalam perisian ArcGIS akan menggabungkan setiap lapisan data parameter dan menghasilkan kawasan potensi berlaku tanah runtuh mengikut pembahagian zon. Dalam hasil peta kerentanan tanah runtuh telah mendapati bahawa sebanyak 14.78% adalah kawasan yang paling berpotensi, iaitu 4.533 km² adalah kawasan kerentanan. Kawasan kerentanan tanah runtuh telah bertumpu di kawasan Zon 2 (kawasan 10 km hingga 20 km), Zon 4 (kawasan 30 km hingga 40 km) dan Zon 5 (kawasan 40 km hingga 50 km). Melalui Model AUC telah digunakan untuk mengesahkan hasilnya, jadi keluk kadar kejayaan dibuat dengan bantuan kerentanan tanah runtuh dan peratusan kumulatif kejadian tanah runtuh yang menunjukkan tahap ketepatan adalah 76.12%. Dapatan kajian hasil daripada peta terbitan (*georeferenced*) mampu dijadikan sumber rujukan baharu kepada pelbagai agensi dan jabatan terutamanya jabatan kerajaan dan tempatan sebagai sumber rujukan serta dalam kajian lanjutan pada masa akan datang.

Kata Kunci: Kerentanan tanah runtuh; *Analytical Hierarchy Process*; GIS; *Consistency Ratio*; Jalan Tambunan-Ranau.

ABSTRACT

GEOSPATIAL APPLICATIONS AND MODEL ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS IN ANALYSIS OF THE CONDITIONS IN ROAD TAMBUNAN- RANAU, SABAH, MALAYSIA.

Landslide is the movement of rock mass, soil or debris that descends the slope under the influence of gravity. This phenomenon occurs in the slope area with fall down slowly and faster. This study was conducted in the area around Tambunan-Ranau Road with a focus on (5) five parameters namely geology, slope, altitude, rainfall distribution and land use type based on the objective of mapping and classifying landslides by zone and identifying potential landslides based on the physical and human factors involved in the case study. To analyze potential landslides, this study used the Model Analytical Hierarchy Process to map the potential landslides in the form of raster. Data collection techniques based on the AHP model have been integrated into statistics to process and generate ranking values. The AHP Model data is valid, where the Consistency Ratio value is 0.06 and the ranking value was entered into ArcGIS software for reprocessing. After reprocessing the data for each parameter data layer, using the Weighted Sum method in ArcGIS software will incorporate each parameter data layer and generate potential landslides according to the zone splitting. The result of the landslide vulnerability map has found that 14.78% is the most potential area, which 4.533km² is the area of vulnerability. The landslide susceptibility areas are concentrated in Zone 2 (10 km to 20 km area), Zone 4 (30 km to 40 km area) and Zone 5 (40 km to 50 km area). The AUC Model was used to validate the results, so the success rate curve was created with the help of landslide susceptibility and the cumulative percentage of landslide incidence showing accuracy level of 76.12%. The findings from the georeferenced maps can be used as a new source of reference to various agencies and departments, especially the government and local departments as reference sources as well as in future studies.

Key Words: Landslide vulnerability; Analytical Hierarchy Process; GIS; Consistency Ratio; Road Tambunan-Ranau.

SENARAI KANDUNGAN

	Halaman
TAJUK	i
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI GAMBAR	xiii
SENARAI LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENGENALAN	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Permasalahan Kajian	3
1.3 Objektif Kajian	9
1.4 Skop Kajian	10
1.4.1 Skop Bidang	10
1.4.2 Skop Angkubah	10
1.4.3 Lokasi Kawasan Kajian	13
1.5 Kepentingan Kajian	14
1.6 Ringkasan Bab	15
1.7 Rumusan	17
BAB 2 SOROTAN LITERATUR	18
2.1 Pendahuluan	18
2.2 Definisi Dan Konsep	19
2.3 Mengenal Pasti Fenomena Tanah Runtuh	20
2.3.1 Faktor Morfologi	21
2.3.2 Faktor Geologi	22
2.3.3 Faktor Fizikal	23
2.3.4 Faktor Manusia	24
2.4 Kajian-Kajian Lepas Berkaitan Fenomena Tanah Runtuh	26
2.4.1 Kajian-Kajian Lepas Berkaitan Tanah Runtuh	27
2.4.2 Kaedah Permodelan Geospasial	32
2.4.3 Pengelasan Data	37
2.4.4 Kajian-Kajian <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	39
2.5 Pendekatan <i>Analytical Hierarchy Process</i> Dalam Pemetaan Tanah Runtuh	40
2.6 Rumusan	51

BAB 3	METODOLOGI	53
3.1	Pendahuluan	53
3.2	Metodologi Kajian	53
3.2.1	Sumber Data	53
3.2.2	Aliran Metodologi Kajian	55
3.2.3	Parameter Kajian	56
3.3	Parameter Kajian	57
3.3.1	Inventori Tanah Runtuh	58
3.3.2	Bentuk Hasil Bagi Setiap Parameter	59
3.3.3	Penukaran Format Data	61
3.3.4	Penghasilan Kawasan Risiko Tanah Runtuh	62
3.3.5	Pengelasan Darjah Risiko Tanah Runtuh	62
3.4	Model <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	63
3.4.1	<i>Pairwise Comparisons</i>	66
3.4.2	Aplikasi Microsoft Excel (Koepel)	67
3.4.3	Formula (Persamaan)	68
3.5	Pendekatan ARCGIS	70
3.5.1	Proses Penyediaan Pangkalan Data/DEM	71
3.5.2	Reka Bentuk Pangkalan Data	73
3.5.3	Pembangunan Pangkalan Data	74
3.5.4	Proses Membentuk Dan Mereka Bentuk Pangkalan Data	74
3.5.5	Proses Analisis Data	76
3.6	Rumusan	78
BAB 4	ANALISIS DAN DAPATAN KAJIAN	80
4.1	Pendahuluan	80
4.2	Mengenalpasti Parameter Bagi Keseluruhan Jalan Tambunan-Ranau	81
4.2.1	Mengenalpasti Parameter Faktor Fizikal Dan Faktor Manusia Bagi Keseluruhan Jalan Tambunan-Ranau	81
4.2.2	Parameter Faktor Fizikal Dan Faktor Manusia Bagi Zon 1 Hingga Zon 6 (Jalan Tambunan-Ranau)	83
4.2.3	Parameter Bagi Keseluruhan Jalan Tambunan-Ranau	93
4.2.4	Jalan Tambunan-Ranau	95
4.3	Menganalisis Tahap Kerentanan Tanah Runtuh Berdasarkan <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) Bagi Jalan Tambunan-Ranau, Sabah	96
4.3.1	Pemetaan Hasil Analytical Hierarchy Process (AHP) Bagi Zon-Zon Kawasan Jalan Tambunan-Ranau.	98
4.3.2	Pemetaan Hasil AHP Bagi Setiap Zon Jalan.	99
4.3.3	Pemetaan Hasil Analytical Hierarchy Process (AHP) Bagi Setiap Parameter Untuk Keseluruhan Jalan	105

4.3.4	Kawasan Potensi Tanah Runtuh Yang Berdasarkan Kaedah <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) Bagi Setiap Zon Jalan Tambunan-Ranau	106
4.3.5	Kawasan Kerentanan Tanah Runtuh Yang Berdasarkan Kaedah <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) Bagi Keseluruhan Jalan Tambunan-Ranau	109
4.3.6	<i>Validation</i>	111
4.3.7	Perbincangan	113
4.4	Rumusan	115
BAB 5	KESIMPULAN	117
5.1	Pendahuluan	117
5.2	Rumusan Penyelidikan	117
5.3	Pencapaian Matlamat Dan Objektif Kajian	119
5.4	Kelebihan Dan Kelemahan Kaedah Model <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) Dalam Kajian Tanah Runtuh	120
5.5	Cadangan Dan Kajian Lanjutan	122
5.6	Kesimpulan	123
RUJUKAN		125
LAMPIRAN		137



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI JADUAL

	Halaman
Jadual 1.1: Rekod Statistik Kejadian Tanah Runtuh di Dunia bagi Tahun 1903-2007	2
Jadual 1.2: Statistik Kejadian Tanah Runtuh di Malaysia	4
Jadual 1.3: Statistik Kejadian Tanah Runtuh di Sabah	6
Jadual 1.4: Faktor Fizikal	11
Jadual 1.5: Faktor Manusia	12
Jadual 1.6: Kepentingan Kajian	15
Jadual 3.1: Sumber data	53
Jadual 3.2: Jenis Data Bagi Setiap Parameter Kajian	56
Jadual 3.3: <i>Tools</i> dalam ArcGIS untuk Analisis Data	57
Jadual 3.4: Skala Nisbah <i>Pairwise Comparison Method</i> (PCM)	65
Jadual 3.5: Matrik <i>Pairwise Comparison</i>	66
Jadual 3.6: Pengiraan Pemberat (Langkah 1)	67
Jadual 3.7: Pengiraan Nilai Pemberat (Langkah 2)	67
Jadual 4.1: Ringkasan bulanan taburan hujan bagi sekitar Jalan Tambunan-Ranau	83
Jadual 4.2: Pengelasan Kerentanan Tanah Runtuh bagi Jalan Tambunan-Ranau	111



SENARAI RAJAH

	Halaman
Rajah 1.1: Kajian Kes Jalan Tambunan-Ranau di daerah Tambunan dan Ranau, Sabah.	13
Rajah 1.2: Pengezonan Kawasan Jalan Tambunan-Ranau	14
Rajah 1.3: Susunatur Tesis	16
Rajah 2.1: Rangka Kerja Bagi Kajian Sorotan Literatur	19
Rajah 2.2: Morfologi Tanah Runtuh	21
Rajah 2.3: Kaedah Pengkelasan <i>Standard Deviation</i>	38
Rajah 2.4: Data Kajian Lepas	41
Rajah 2.5: Data Kajian Lepas	42
Rajah 2.6: Data Hasil AHP Kajian Lepas	44
Rajah 2.7: Data Hasil AHP Kajian Lepas	45
Rajah 2.8: Kajian Lepas II (LSI value)	46
Rajah 2.9: Kajian Lepas II (Peta Potensi)	46
Rajah 2.10: Data Kajian Lepas (AHP)	48
Rajah 2.11: Peta Potensi Tanah Runtuh (Kajian Lepas)	49
Rajah 2.12: Graf (AUC)	50
Rajah 3.1: Rangka Kerja Pemprosesan Data Parameter	55
Rajah 3.2: Data Inventori Tanah Runtuh	58
Rajah 3.3: Parameter Kajian	60
Rajah 3.4: Sub Parameter Bagi Setiap Parameter	61
Rajah 3.5: Pertukaran Format Data	62
Rajah 3.6: Pemprosesan Data bagi Model <i>Analytical Hierarchy Process</i>	63
Rajah 3.7: Struktur Hierarki AHP	64
Rajah 3.8: Tiga Langkah Utama dalam Kaedah AHP	64
Rajah 3.9: Formula MMULT()	68
Rajah 3.10: Formula CI	68
Rajah 3.11: Formula CR	69
Rajah 3.12: Value of Random Index (RI)	69
Rajah 3.13: Fungsi Sistem Maklumat Geografi	70
Rajah 4.1: Parameter kajian bagi keseluruhan Zon 1 (0 – 10 kilometer)	84
Rajah 4.2: Parameter kajian bagi Keseluruhan Zon 2 (10 – 20 kilometer)	85
Rajah 4.3: Parameter kajian bagi Keseluruhan Zon 3 (20 – 30 kilometer)	87
Rajah 4.4: Parameter kajian bagi Keseluruhan Zon 4 (30 – 40 kilometer)	88
Rajah 4.5: Parameter kajian bagi Keseluruhan Zon 5 (40 – 50 kilometer)	90

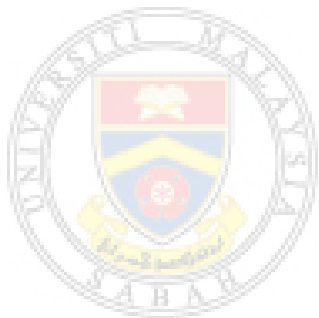
Rajah 4.6:	Parameter kajian bagi Keseluruhan Zon 6 (50 – 60 kilometer)	92
Rajah 4.7:	Parameter kajian bagi Keseluruhan Jalan Tambunan-Ranau	94
Rajah 4.8:	Rangka Kerja bagi Analisis Dapatan Kajian	97
Rajah 4.9:	Hasil AHP	98
Rajah 4.10:	Data hasil AHP bagi Zon 1 (0 – 10 kilometer)	99
Rajah 4.11:	Data hasil AHP bagi Zon 2 (10 – 20 kilometer)	100
Rajah 4.12:	Data hasil AHP bagi Zon 3 (20 – 30 kilometer)	101
Rajah 4.13:	Data hasil AHP bagi Zon 4 (30 – 40 kilometer)	102
Rajah 4.14:	Data hasil AHP bagi Zon 5 (40 – 50 kilometer)	103
Rajah 4.15:	Data hasil AHP bagi Zon 6 (50 – 60 kilometer)	104
Rajah 4.16:	Lapisan Data AHP	106
Rajah 4.17:	Hasil Data AHP bagi Setiap Zon Jalan Tambunan-Ranau	107
Rajah 4.18:	Hasil Kawasan Kerentanan Tanah Runtuh (AHP)	110
Rajah 4.19:	Peta Kerentanan Tanah Runtuh Perbandingan Antara Hasil Analisis dan Kawasan Kajian	112
Rajah 4.20:	<i>Area Under Curve</i> Analisis	113



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1: Projek Pembaikan Cerun dan Jalan Dari Ranau ke Tambunan Fasa 2B, Sabah.	4
Gambar 1.2: Kawasan Kejadian Tanah Runtuh di Kawasan kajian	7
Gambar 1.3: Kawasan Potensi Tanah Runtuh	7
Gambar 1.4: Kawasan tanah runtuh di sekitar jalan	8
Gambar 1.5: Kawasan Tanah Runtuh	8



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran A:	BORANG AHP	137
Lampiran B:	<i>MATRIKS</i> Perbandingan Berpasangan Hierarki AHP	138
Lampiran C:	PETA KAWASAN KAJIAN	140
Lampiran D:	DATA JABATAN (HUJAN)	143
Lampiran E:	Peta Geologi Negeri Sabah	146
Lampiran F:	Peta Lokasi Kajian, Jalan Tambunan-Ranau	147



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Bencana alam yang semakin kerap berlaku di seluruh dunia adalah akibat daripada perubahan iklim secara global (Ahmad Ismail, 2018). Perubahan iklim ini telah membawa kemusnahan dan menyebabkan rekod kerugian sebanyak USD 5 bilion, kematian 57,028 orang serta hampir 4 juta orang dicatat kehilangan tempat tinggal di kawasan yang mengalami bencana alam (Femke *et al.*, 2009). Salah satu bencana alam yang terkenal iaitu kejadian tanah runtuh. Kejadian tanah runtuh boleh berlaku di mana-mana sahaja jika mempunyai sifat permukaan bumi yang berkaitan, termasuklah negara Malaysia. Ini kerana hampir 50% kejadian bencana tanah runtuh telah berlaku di dunia (Jadual 1.1). Tanah runtuh merupakan satu kejadian geologi yang melibatkan sebahagian besar pergerakan tanah, jatuhan batuan atau cantuman kedua-dua sekali (Muhammad Barzani Gasim *et al.*, 2011).

Fenomena tanah runtuh telah menjadi isu bencana alam sekitar di luar negara kerana ia akan memberi kesan bencana kepada kesejahteraan hidup manusia. Di Malaysia, kebanyakan kejadian tanah runtuh berlaku pada bulan September hingga Januari kerana didapati bahawa jumlah menerima hujan yang tinggi dan dapat dikaitkan dengan kerap berlaku dalam tempoh tersebut (Bujang *et al.*, 2008). Kejadian tanah runtuh juga dikaitkan dengan pergerakan batuan, kelompok tanah menuruni cerun dan debris (Cruden, 1991). Kejadian tanah runtuh berlaku jika cerun itu bersifat curam dan bahan di cerun yang mempunyai ikatan kumin yang lemah. Menurut Ibrahim (1985) dan Bujang *et al.*, (2008) berpendapat bahawa kebanyakan kejadian tanah runtuh di Malaysia berlaku di cerun potongan sama ada runtunan tanah mahupun runtunan batuan.

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	Tiada Data
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	32,525	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
Oceania Purata per Kejadian	16	542	52	18,000	2,963	21,015	2,466
		34	3	1,125	185	1,313	154

Sumber: EM-DAT pangkalan data untuk tempoh 1903-2007 (Scheuren *et al.*, 2007)

Sesetengah kejadian tanah runtuh di Malaysia telah dikaitkan dengan faktor pembangunan yang pesat (Mokhtar Jaafar *et al.*, 2011; James *et al.*, 2003). Pembangunan yang berada di Malaysia melibatkan perubahan kawasan litupan bumi kepada sektor-sektor pertanian, perbandaran, perindustrian, infrastruktur, perumahan, dan perhotelan. Ini kerana pembangunan yang melibatkan pemotongan cerun serta salah urus cerun yang bersifat tidak mesra alam telah memungkinkan berlakunya pergerakan jisim dan mengakibatkan kejadian tanah runtuh. Dalam kajian Tajul Anuar Jamaluddin (2006) telah menyatakan bahawa perbuatan manusia atau faktor manusia boleh dijadikan sebagai faktor penyebab kepada kejadian tanah runtuh. Terutamanya di Malaysia, akibat gangguan manusia telah menyebabkan perubahan sifat fizik tanah atau keadaan geologi dalam tanah. Kawasan alam sekitar yang telah mengalami perubahan struktur permukaan yang tidak seimbang lebih berpotensi mengalami bencana.

Kejadian tanah runtuh menjadi masalah apabila bencana tersebut telah mengganggu aktiviti manusia, mengakibatkan kerosakan harta benda, kehilangan nyawa (Jasmi, 2004; Glade & Crozier, 2005) dan boleh menjejaskan ekonomi negara. Di Malaysia, Jabatan Kerja Raja Malaysia telah melancarkan "Pelan Induk Cerun Negara 2009-2023" (Sayang Sabah, 2015) bertujuan untuk menyediakan dasar,

strategi dan pelan tindakan yang menyeluruh dan berkesan bagi mengurangkan risiko akibat bencana tanah runtuh di seluruh Malaysia. Oleh itu, kajian ini memberi fokus di sepanjang Jalan Tambunan-Ranau (60 km) kerana sifatnya topografinya dan juga tanda-tanda berita telah menggambarkan potensi tanda-tanda berlaku kejadian tanah runtuh. Dengan demikian kajian ini menganalisis sejauhmana kerentanan kejadian tanah runtuh di sepanjang jalan tersebut dengan menggunakan kaedah *Analytical Hierarchy Process* untuk menjawab objektif kajian yang telah dirangka.

1.2 Permasalahan Kajian

Tanah runtuh merupakan satu bencana geologi yang melibatkan sebahagian besar pergerakan tanah, jatuhan batuan atau cantuman dari kedua-duanya (Muhammad Barzani *et al.*, 2011; Rodeano Roslee *et al.*, 2011). Kebanyakan runtuh tanah bermula di lereng-lereng cerun dan sering kali dicetus oleh larian air permukaan (Syers & Rimmer, 1994) berserta dengan tarikan graviti (Fitzpatrick, 1974). Kesan kejadian tanah runtuh akan menyebabkan kerugian berjuta-juta ringgit disebabkan harta benda yang musnah serta mengakibatkan kecederaan, kehilangan nyawa atau yang melibatkan kos kerugian setiap tahun sekiranya masalah ini masih tidak dapat dikawal (Ahmad Zaini *et al.*, 1996). Fenomena tanah runtuh sering menjadi isu dan dibahaskan di akhbar atau media elektronik semasa berlaku pengalihan monsun yang boleh membawa jumlah kuantiti hujan yang banyak (Shuhaina Ibrahim *et al.*, 2016) terutamanya bagi kawasan di Sabah.

Kajian-kajian yang berkaitan tanah runtuh juga telah mengkaji di sekitar Sabah seperti dalam Kajian Rodeano Roslee *et al.*, (2012), Kajian Rodeano Roslee *et al.*, (2015), dan lain-lain lagi telah menggariskan beberapa parameter yang boleh menyebabkan tanah runtuh seperti jumlah taburan hujan, geologi, kecerunan, ketinggian dan lain-lain lagi. Dalam data inventori tanah runtuh yang telah dikumpul oleh Jabatan Kerja Raya (JKR) mendapati sebanyak 440 kejadian tanah runtuh yang berlaku di seluruh Malaysia dari tahun 1973 sehingga 2007, kesan ini telah menyebabkan kerugian ekonomi sebanyak RM 3.0 bilion dengan jumlah kematian melebihi 600 orang (Sayang Sabah, 2015). Beberapa fenomena tanah runtuh telah direkod seperti di Jadual 1.2 yang berlaku di Malaysia dan Jadual 1.3 merupakan

kejadian tanah runtuh yang berlaku di Sabah. Dalam kajian Tongkul (2007) telah berfokus atas jenis geologi di kawasan sepanjang Jalan Tambunan-Ranau adalah Pembentukan Trusmadi dan Pembentukan Crocker, iaitu jenis geologi yang mudah dihakis. Perbelanjaan yang besar oleh Pihak kementerian Kerja Raya bagi melaksanakan Projek Pembaikan cerun dan Jalan dari Ranau ke Tambunan dengan melibatkan kos projek sebanyak RM 115 juta Ringgit pada tahun 2014 (Gambar 1.1).

 KEMENTERIAN KERJA RAYA			
KEPUTUSAN TENDER / SEBUT HARGA			
MAKLUMAT PROJEK / PEROLEHAN			
TAJUK	PROJEK PEMBAIKAN CERUN DAN JALAN DARI RANAU KE TAMBUNAN FASA 2B, SABAH		
TARIKH IKLAN	-	PEJABAT YANG MEMANGGIL	
TARIKH TUTUP	-		
MAKLUMAT PETENDER / PEMBIDA YANG BERJAYA			
NAMA KONTRAKTOR	JUTA HAJAT SDN. BHD.		
KOS PERKHIDMATAN/ BEKALAN/KERJA	RM 115,112,348.50		
TEMPOH SIAP PERKHIDMATAN/BEKALAN/KERJA			
TARIKH MULA	-	TARIKH SIAP	-
CATATAN			

Gambar 1.1 : Projek Pembaikan Cerun dan Jalan Dari Ranau ke Tambunan Fasa 2B, Sabah.

Sumber : Kementerian Kerja Raya (2014)

Jadual 1.2: Statistik Kejadian Tanah Runtuh di Malaysia

Tarikh	Lokasi	Kesan
18 Okt 1973	Gunung Cheroh, Perak	40 mati
21 Okt 1976	Kg. Sengat, Ipoh, Perak	-
10 Dis 1991	Lebuh Raya KL-Karak	-
24 Okt 1993	KM 58, Kuala Lipis – Gua Musang	1 mati, 15 cedera
11 Nov 1993	Lebuh Raya Karak-Bentong	-
28 Nov 1993	Km 63 Lebuh Raya KL-Karak	2 mati
11 Dis 1993	Blok 1 Highland Towers, Ampang	48 mati, 2 cedera, ratusan penduduk kehilangan tempat tinggal
15 Dis 1993	Kuala Lipis	9 Kereta Tertimbus
31 Dis 1993	KM 59.5, Lebuhraya Timur-Barat	1 mati, 3 cedera, sebuah kereta musnah dan jalan ditutup selama satu hari
22 Mac 1994	Pine Resort, Bukit Fraser	Apartment rosak
02 Mei 1994	Perumahan Puchong Perdana (bekas lombong)	3 mati

30 Jun 1995	Genting Sempah, jalan ke Genting Highlands	20 mati, 22 cedera, 10 kenderaan musnah
07 Ogos 1995	Jalan KL – K. Lipis (Bukit Fraser	-
06 Jan 1996	KM 308.8 PLUS Highway, Gua Tempurung, Ipoh	1 mati, 1 cedera, jalan ditutup selama dua minggu dan tiga bulan untuk peralihan jalan
29 Ogos 1996	Pos Dipang, Kampar, Perak	35 mati, 9 hilang
02 Sept 1996	Pos Dipang	44 mati, 10 cedera, seluruh kampung dipindahkan
09 Okt 1996	Kuala Terla, Cameron Highlands	4 mati, 2 cedera, beberapa buah rumah musnah
11 Okt 1996	KM 96 Jalan KL – Raub ke Bukit Fraser	-
12 Mac 1997	Rumah Panjang KTM, Kg Kerinchi	1 cedera
11 Mei 1997	Jalan Pantai Dalam, KL	1 mati, 4 cedera
25 Dis 1997	KM 17, Lebuhraya Ampang-Hulu Kelang	3 mati
28 Nov 1998	Bukit Awana, Pulau Pinang	17 buah kenderaan tertimbus
03 April 1999	Bukit Fraser	-
15 Mei 1999	Bukit Antarabangsa, Selangor	1,000 penduduk dipindahkan dan 15,000 terkandus
24 Nov 1999	KM 25 Lebuhraya Karak	-
28 Nov 1999	Bukit Aman, Pahang	15 kereta, sebuah bas dan sebuah motosikal musnah
03 Dis 1999	KM 449.6 Lebuhraya Utara-Selatan Sg. Buloh, Selangor	Ribuan kenderaan terkandas, jalan ditutup selama sehari
09 Jan 2000	Km 81.6, Jalan Brinchang, Tanah Rata, Cameron Highlands	6 mati, 15,000 pengguna jalan raya terkandas sehingga beberapa jam
03 Jan 2001	Jalan Ulu Yam dekat Empangan Batu	-
22 Sept 2001	Sg Chinchin, KM 13, Jalan Gombak	1 mati
27 Dis 2001	Kg. Sri Gunung Pulai, Pontian Johor	15 mati, 2 cedera, sebuah rumah musnah
20 Nov 2002	Taman Hillview, Selangor	8 mati, 5 cedera, sebuah banglo munah
26 Nov 2003	KM 21.8, NKVE, Bukit Lanjan	-
29 Nov 2004	KM 59, Kuala Lipis, Merapoh	4 mati
21 Mei 2011	Rumah Anak Yatim Al-Taqwa, Hulu Langat, Selangor	16 mati
07 Ogos 2011	Perkampungan Orang Asli, Sg. Ruil, Cameron Highlands	7 mati, beberapa buah rumah musnah
26 Dis 2012	Kilometer 139, Jerangau-Jabor	Enam kereta tertimbus
28 Dis 2012	Taman Puncak Setiawangsa	Sebuah banglo musnah dan puluhan penduduk dipindahkan
06 Mei 2013	Jalan Ampang	9 kenderaan musnah

03 Julai 2013	Ukay Perdana	3 mati, 1 cedera, Kawasan pembinaan
07 Jan 2014	Jalan Mahameru	Trafik terputus ke Jalan Kuching & PWTC

Sumber: Mohammad Aiman Bin Ismail (2016); Nazirah Binti Azizat (2015)

Berdasarkan Jadual 1.2, kejadian tanah runtuh yang telah direkodkan berlaku di kawasan jalan raya dan juga kawasan bukit. Sebagai contohnya di kawasan Cameron Highland telah menyebabkan seramai 7 orang maut serta beberapa buah rumah telah dimusnahkan. Berdasarkan Jadual 1.3, kebanyakan kejadian tanah runtuh berlaku pada bulan Disember hingga Februari.

Jadual 1.3: Statistik Kejadian Tanah Runtuh di Sabah

Tarikh	Lokasi	Kesan
26 Dis 1996	Sungai Pampang, Sabah	241 mati, beribu-ribu berpindah
10 Jan 1997	Km 4.5 Jalan Tuaran, Sabah	-
08 Feb 1999	Jalan Leila, Kg. Gelam, Sandakan, Sabah	17 mati, 3 cedera, beberapa buah rumah dipindahkan
07 Feb 2000	Sandakan, Sabah	17 cedera
07 Jan 2001	Sepanggar Bay, Sabah	3 mati
26 Jun 2006	KM 8.5, FT 606, Pelabuhan Sepanggar, Kota Kinabalu, Sabah	1 mati

Sumber: Mohammad Aiman Bin Ismail (2016); Nazirah Binti Azizat (2015)

Fenomena tanah runtuh di Jalan Tambunan-Ranau masih berlaku dan terkini pada 10 Oktober 2014, pihak berkuasa tempatan terpaksa menutupkan beberapa jalan raya di kawasan Ranau kerana di kawasan boleh berlaku tanah runtuh disebabkan hujan yang lebat (Berita Harian Online, 2014). Menurut Tajul Anuar Jamaluddin (2006), peningkatan bencana alam adalah berkait rapat dengan pembangunan infrastruktur (lebuhraya, jalan raya, empangan dan kawasan pertempatan baru) yang semakin pesat dan mendesak hingga merebak ke cerun-cerun perbukitan. Peningkatan kadar pembangunan dengan penambahan atau perataan kawasan serta pemotongan cerun oleh manusia akan mempercepatkan proses hakisan, kerana ia akan mengubah struktur permukaan bumi dan sifat fizikal dan kestrukturannya sehingga berlaku kejadian tanah runtuh khususnya di kawasan curam atau kawasan laluan sungai di sekitar Jalan Tambunan-Ranau. Terdapat juga

bukti yang ditunjukkan dalam kajilidikan pada tahun 2017 seperti pada gambar 1.2, 1.3, 1.4 dan 1.5.



Gambar 1.2 : Kawasan Kejadian Tanah Runtuh di Kawasan Kajian
Sumber : Woon (2017)



Gambar 1.3 : Kawasan Potensi Tanah Runtuh
Sumber : Woon (2017)



Gambar 1.4 : Kawasan tanah runtuh di sekitar jalan

Sumber : Woon (2017)



Gambar 1.5 : Kawasan Tanah Runtuh

Sumber : Woon (2017)

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan oleh Tongkul (2007) di kawasan Jalan Tambunan-Ranau berkenaan dengan sifat geologi jarang dirancang semasa projek pembinaan jalan raya. Dalam kajian beliau juga menyatakan bahawa jurutera tempatan hanya bergantung kepada pemerhatian di lapangan secara umum untuk menentukan cerun yang bermasalah di sepanjang jalan tersebut. Maka, kajian geologi perlu dimasukkan semasa merancang dan membina jalan terutamanya di