

**MODEL PENTAKSIRAN RISIKO BENCANA GEMPA
BUMI DI KAWASAN RANAU, SABAH**



**FAKULTI SAINS DAN SUMBER ALAM
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2023**

**MODEL PENTAKSIRAN RISIKO BENCANA GEMPA
BUMI DI KAWASAN RANAU, SABAH**

AHMAD KHAIRUT TERMIZI BIN MOHD DAUD



UMS

**TESIS INI DISERAHKAN UNTUK MEMENUHI
KEPERLUAN PENGIJAZAHAN
IJAZAH DOKTOR FALSAFAH**

**FAKULTI SAINS DAN SUMBER ALAM
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2023**

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL : **MODEL PENTAKSIRAN RISIKO BENCANA GEMPA BUMI DI KAWASAN RANAU, SABAH**

IJAZAH : **DOKTOR FALSAFAH SAINS BUMI**

BIDANG : **GEOLOGI**

Saya **AHMAD KHAIRUT TERMIZI BIN MOHD DAUD**, Sesi **2017-2023**, mengaku membenarkan tesis Doktor 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,



**AHMAD KHAIRUT TERMIZI
BIN MOHD DAUD
DS1711012T**

(Tandatangan Pustakawan)

Tarikh : 31 Mac 2023

(Prof. Madya Ts. Gs. Dr. Rodeano Hj Roslee)
Penyelia Utama

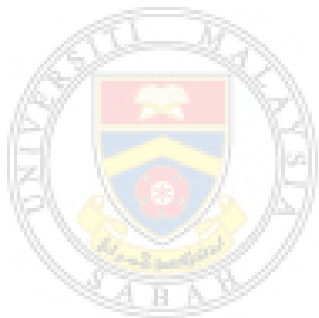
PENAKUAN

Karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan, ringkasan dan rujukan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.



28 Jun 2022

Ahmad Khairut Termizi Bin Mohd Daud
DS1711012T



UMMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGESAHAN

NAMA : **AHMAD KHAIRUT TERMIZI BIN MOHD DAUD**
NO. MATRIK : **DS1711012T**
TAJUK : **MODEL PENTAKSIRAN RISIKO BENCANA GEMPA BUMI
DI KAWASAN RANAU, SABAH**
IJAZAH : **DOKTOR FALSAFAH SAINS BUMI**
BIDANG : **GEOLOGI**
TARIKH VIVA : **28 JUN 2022**

DISAHKAN OLEH;

Tandatangan



1. PENYELIA UTAMA

Prof. Madya Ts. Gs. Dr. Rodeano Hj Roslee

2. PENYELIA BERSAMA

Prof. Dr. Felix Tongku

3. PENYELIA BERSAMA

Ts. Dr. Noor Sheena Herayani Binti Harith

PENGHARGAAN

Alhamdulillah...

Syukur kepada Rab Al-Jalil atas nikmat-Nya maka dapat jua tesis penyelidikan ini disempurnakan dan ianya merupakan realisasi secara kolektif usaha gigih, sokongan dan tunjuk ajar pelbagai pihak yang telah menyumbang secara langsung dan tidak langsung. Peluang yang hebat ini adalah ehsan tajaan Jabatan Perkhidmatan Awam (JPA) dan Jabatan Mineral dan Geosains Malaysia (JMG) di bawah program Hadiah Latihan Persekutuan (HLP).

Jutaan terima kasih buat penyelia utama, Prof. Madya Dr. Ts. Gs. Rodeano Hj Roslee, yang membawa penulis meneroka bidang ilmu dengan lebih luas. Beliau banyak menyokong idea-idea baru dan membimbing kearah penyelidikan dan pembangunan ilmu. Peluang dan pengalaman yang diberikan sangat bermakna dan bernilai. Kepada Prof. Dr. Felix Tongkul dan Ts. Dr. Noor Sheena Heayani, yang telah banyak memberikan dorongan dan bantuan kepada penulis bagi menyelesaikan penyelidikan ini. Buat semua pensyarah Program Geologi UMS, ilmu yang kalian berikan telah banyak mencorakkan perjalanan kerjaya dan percambahan minda penulis.

Isteri yang sentiasa memahami dan memberikan sokongan Murni Binti Jasli, beliau sentiasa menemani dalam apa jua keadaan yang dilalui. Semoga hari yang mendatang akan lebih menjanjikan rahmat dan maghfirah dari-Nya. Juga buat Ahmad Ilham Rahimi, kehadirannya memberikan inspirasi kepada penulis untuk sentiasa memberikan yang terbaik dalam hidup sebagai dorongan dan dokongan menempuhi masa hadapan yang lebih mencabar. Penghargaan yang tidak terhingga buat Abah yang banyak berjasa Hamid@Mohd Daud Bin Saman dan Mama yang tercinta Aisah@Noyah Binti Hj. Hamid, kerana segalanya yang saya miliki sehingga hari ini adalah atas restu dan doa mereka. Hanya Allah sahaja yang mampu membalas jasa kalian berdua. Buat satu-satunya abang kandung yang banyak memberikan motivasi dan bantuan Muhammad Hafezzuddin, diucapkan terima kasih yang tidak terhingga atas segala yang telah dicurahkan sehingga penulis dapat menyiapkan penyelidikan ini dengan jayanya.

Buat teman-teman seperjuangan yang sama-sama menggali ilmu yang berharga di Fakulti Sains dan Sumber Alam (FSSA) dan Pusat Kajian Bencana Alam (NDRC), UMS, pengalaman yang pernah kita ada dalam usaha bersama menuntut ilmu adalah suatu yang tiada galang gantinya.

Penulis dengan rendah diri juga turut merakamkan penghargaan dan rasa terima kasih atas bantuan dan perkongsian maklumat yang diberikan oleh beberapa agensi yang terlibat seperti berikut:

- Jabatan Mineral dan Geosains Malaysia
- Jabatan Meteorologi Malaysia
- Jabatan Perangkaan Malaysia
- Jabatan Perancang Bandar dan Wilayah Negeri Sabah
- Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia, Sabah
- Jabatan Tanah dan Ukur Negeri Sabah
- Majlis Daerah Ranau

Semoga penyelidikan yang dihasilkan ini memberi manfaat dalam kehidupan dan rantaian ilmu yang dibina akan terus berkembang. Wallahua'lam.

Ahmad Khairut Termizi Bin Mohd Daud
28 Jun 2022



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

ABSTRAK

Sabah merekodkan kejadian gempa terburuk pada 5 Jun 2015 dengan 18 kematian dan kerugian mencapai hampir RM200 juta. Kajian tesis ini bertujuan untuk membangunkan sebuah model rangka kerja Strategi Pengurusan Risiko Gempa Bumi (RiMS-RE) di kawasan Ranau yang terdedah kepada bahaya seismik sederhana yang menggabungkan aspek spatial dan temporal. Rangka kerja ini digunakan untuk menjalankan Pentaksiran Risiko Gempa Bumi (RiskA-RE), dan maklumat digunakan untuk mencadangkan Mitigasi Risiko Gempa Bumi (RiMit-RE). Pentaksiran Bahaya Gempa Bumi (HAs-RE) dengan teknik Inventori, geomorfometrik, dan Probabilistic Seismic Hazard Assessment (PSHA) mendapati Bahaya gempa bumi pengezonan makro 10% menunjukkan bahawa 19.88% daripada luas keseluruhan kawasan kajian adalah berada dalam kelas bahaya sangat rendah, 20.19% bahaya rendah, 19.98% bahaya sederhana, 19.92% bahaya tinggi, dan 20.03% adalah bahaya sangat tinggi. Bagi bahaya gempa bumi pengezonan makro 2% didapati bahawa 19.74% daripada luas keseluruhan kawasan adalah berada dalam kelas bahaya sangat rendah, 20,06% bahaya rendah, 19.79% bahaya sederhana, 19.82% bahaya tinggi, dan 20.6% adalah bahaya sangat tinggi. Pengenalpastian Elemen Berisiko Gempa Bumi (REI-RE) (Populasi dan Nilai Harta Benda) dan Pentaksiran Kemudahterancaman Gempa Bumi (VAs-RE) (Fizikal, Sosial dan Persekitaran) menunjukkan Kemudahterancaman Gempa Bumi (VAs-RE) di kawasan Ranau adalah 19.17% daripada keseluruhan kawasan kajian adalah dikelaskan sebagai kemudahterancaman Sangat Rendah, 20.87% kemudahterancaman Rendah, 21.37% kemudahterancaman Sederhana, 19.94% kemudahterancaman Tinggi, dan 18.64% kemudahterancaman Sangat Tinggi. Peta Risiko Gempa Bumi (ERMap) melalui analisis Penganggaran Risiko Gempa Bumi (REst-RE) menunjukkan Tahap Risiko Gempa Bumi (ERD) 10% 27.03% daripada keseluruhan kawasan adalah dalam zon Berisiko Sangat Rendah, 27.86% dalam zon Berisiko Rendah, 24.42% dalam zon Berisiko Sederhana, 11.44% dalam zon Berisiko Tinggi, dan 9.25% dalam zon Berisiko Sangat Tinggi. Bagi ERD 2% , 34.09% daripada keseluruhan kawasan adalah dalam zon Berisiko Sangat Rendah, 21.99% dalam zon Berisiko Rendah, 17.38% dalam zon Berisiko Sederhana, 18.95% dalam zon Berisiko Tinggi, dan 7.59% dalam zon Berisiko Sangat Tinggi. Zon Risiko Tinggi dan Sangat tinggi bagi ERD 10% dan ERD 2% masing-masing ialah 20.69% dan 26.54 daripada keluasan kawasan kajian. Zon Risiko Tinggi dan Sangat Tinggi terumpu bahagian tengah dan tenggara kawasan kajian disebabkan oleh pengaruh geologi dan sifat batuan yang lebih rapuh (Gravel Pinousuk dan zon sesar). Disamping elemen berisiko yang lebih tinggi meningkatkan lagi nilai kemudahterancaman dan mempengaruhi nilai ERD yang lebih tinggi. Penilaian Risiko Gempa Bumi (REv-RE) dijalankan berdasarkan lengkung F-N dan penentuan Indeks Toleransi Risiko (RTI-RE) mendapati bahawa tahap penerimaan masyarakat terhadap ancaman gempa bumi di Kawasan Ranau adalah bertoleransi dan tenang berbanding kawasan lain yang tiada ancaman gempa bumi. Mitigasi (RiMit-RE) mencadangkan dua kaedah iaitu mitigasi struktur dan mitigasi bukan struktur berdasarkan kepada analisis REv-RE sebagai usaha untuk mengurangkan risiko gempa bumi. Hasil kajian ini mencadangkan bahawa model RiMS-RE melibatkan prosedur HI-RE, HAs-RE, REI-RE, VAs-RE, REst-RE, REv-RE dan RiMit-RE.

ABSTRACT

EARTHQUAKE RISK ASSESSMENT MODEL IN RANAU AREA, SABAH

On 5 June 2015, Sabah had its deadliest earthquake, which resulted in 18 fatalities and damages of about RM200 million. This thesis aims to construct a spatially and temporally integrated Earthquake Risk Management Strategy framework model (RiMS-RE) for the moderately seismically hazardous Ranau region. This framework is utilized to conduct Earthquake Risk Assessment (RiskA-RE), and the resulting data is utilised to suggest Earthquake Risk Mitigation (RiMit-RE). Earthquake Hazard Assessment (HAs-RE) utilising Inventory, geomorphometric, and Probabilistic Seismic Hazard Assessment (PSHA) techniques determined that the 10% macro zoning earthquake hazard indicates that 19.88% of the entire study area is in the Very Low- Hazard, 20.12% is in the Low-Hazard, 19.98% is in the Medium-Hazard, 19.92% is in the High-Hazard, and 20.03% is in the Very High-Hazard. Regarding the 2% macro zoning earthquake hazard, 19.74% of the total area was determined to be in the Very Low-Hazard, 20.06% in the Low-Hazard, 19.79% in the Medium-Hazard, 19.82% in the High-Hazard, 20.6% in the Very High-Hazard. Identification of Earthquake Risk Elements (REI-RE) (Population and Property Value) and Earthquake Vulnerability Assessment (VAs-RE) (Physical, Social, and Environmental) indicate that 19.17% of the Ranau area is classified as Very Low-Vulnerability, 20.87 % as Low-Vulnerability, 21.37 % as Medium-Vulnerability, 19.94 % as High-Vulnerability, and 18.64% as Very High-Vulnerability. Using the examination of Earthquake Risk Estimation (REst-RE), the Earthquake Risk Map (ERMap) reveals a 10% Earthquake Risk Level (ERD). 27.03 percent of the total area is in the Very Low-Risk zone, 27.86 percent in the Low-Risk zone, 24.42 percent in the Medium-Risk zone, 11.44% in the High-Risk zone, and 9.25% in the Very High-Risk zone. 34.09% of the region is in the Very Low-Risk zone, 21.99% is in the Low-Risk zone, 17.38% is in the Medium-Risk zone, 18.95% is in the High-Risk zone, and 7.59% is in the Very High-Risk zone, according to the ERD 2%. The High-Risk and Very High Risk-Risk Zones for ERD 10% and ERD 2% account for 20.69% and 26.54% of the research area, respectively. Due to geological influence and the more brittle character of the rocks (Pinousuk Gravel and fault zone), the High and Very High-Risk Zones are concentrated in the center and southeast regions of the research area. In addition, items with a greater risk amplify the vulnerability value and impact the elevated ERD value. The Earthquake Risk Assessment (REv-RE) was done based on the F-N curve, and the Risk Tolerance Index (RTI-RE) determined that the Ranau community's levels of acceptance of the threat of earthquakes are moderate and tolerant compared to other places where there is no earthquake threaten. In an effort to decrease earthquake risk, RiMit-RE suggests two strategies, structural mitigation and non-structural mitigation, based on REv-RE analyses. According to the findings of this study, the RiMS-RE model incorporates the HI-RE, HAs-RE, REI-RE, VAs-RE, REst-RE, REv-RE, and RiMit-RE processes.

SENARAI KANDUNGAN

	Halaman
TAJUK	i
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
SENARAI KANDUNGAN	viii
SENARAI JADUAL	xv
SENARAI RAJAH	xvii
SENARAI FOTO	xxiii
SENARAI SINGKATAN	xxvi
SENARAI LAMPIRAN	xxvii
BAB 1: PENDAHULUAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Latar Belakang	2
1.3 Penyataan Masalah	4
1.4 Objektif Kajian	5
1.5 Skop dan Pendekatan Kajian	6
1.6 Kepentingan Kajian	7
1.7 Limitasi Kajian	8
1.8 Sumbangan Kajian	9
1.9 Susun Atur Tesis	9
1.10 Rumusan	11

BAB 2: SOROTAN LITERATUR

2.1	Pengenalan	12
2.2	Gempa Bumi	12
2.3	Pengenalpastian Bahaya Gempa Bumi	14
2.3.1	Geologi Gempa Bumi	14
2.3.2	Parameter Gempa Bumi	21
2.3.3	Gelombang Seismik	24
2.3.4	Mekanisme Perambatan Gelombang Seismik	28
2.3.5	Pengukuran Gempa Bumi	30
2.4	Pentaksiran Bahaya Gempa Bumi	35
2.4.1	Kaedah Pemerhatian	37
2.4.2	Kaedah Deterministik	38
2.4.3	Kaedah Statistik	39
2.4.4	Pentaksiran Bahaya Kebarangkalian Seismik (<i>Probabilistic Seismic Hazard Assessment, PSHA</i>)	40
2.4.5	Penentuan Kebergantungan Masa (<i>Time Dependant</i>)	44
2.5	Risiko Gempa Bumi di Kawasan Kajian	45
2.5.1	Aktiviti Seismik dan Risiko Pembangunan	45
2.5.2	Zon Seismotektonik	46
2.5.3	Katalog Gempa Bumi	48
2.6	Pentaksiran Risiko Gempa Bumi	50
2.6.1	Risiko Gempa Bumi	50
2.6.2	Kepelbagaian Aspek Risiko Gempa Bumi	53
2.7	Penilaian Risiko Gempa Bumi	55
2.8	Sistem Pengurusan Bencana Gempa Bumi di Malaysia	56

BAB 3: GEOGRAFI DAN GEOLOGI KAWASAN RANAU

3.1	Pengenalan	60
3.2	Geografi Kawasan Ranau	60
3.2.1	Pencirian Demografi	62
3.2.2	Guna Tanah	63
3.2.3	Topografi	64
3.2.4	Sistem Saliran	67
3.3	Geologi Am Kawasan Ranau	69
3.3.1	Geologi Rantau Sabah	69
3.3.2	Litostratigrafi Sabah	73
3.3.3	Stratigrafi Tempatan	74
3.3.4	Formasi Trusmadi	78
3.3.5	Formasi Crocker	81
3.3.6	Batuan Plutonik	87
3.3.7	Pinosuk Gravel	87
3.3.8	Alluvium	88
3.4	Petrografi	89
3.4.1	Sedimen Klastik	89
3.4.2	Peridotit	93
3.4.3	Granodiorit	94
3.5	Geologi Struktur	95
3.5.1	Lineamen	97
3.5.2	Perlapisan dan Pelipatan	100
3.5.3	Sesar	102

BAB 4: BAHAN DAN KAEDAH

4.1	Pengenalan	103
4.2	Pentaksiran Bahaya Gempa Bumi	105
4.2.1	Penetapan Skop Projek	105
4.2.2	Pengenalpastian Bahaya Gempa Bumi (HI-RE)	105
4.3	Analisis Risiko Gempa Bumi	116
4.3.1	PSHA dan Peta Bahaya Gempa Bumi	116
4.3.2	Pentaksiran Kemudahterancaman Gempa Bumi	116
4.3.3	Pengenalpastian Elemen Berisiko	122
4.4	Pentaksiran Risiko Gempa Bumi	123
4.4.1	Penilaian Risiko Gempa Bumi	124
4.4.2	Lengkung F-N	124
4.5	Mitigasi Risiko Gempa Bumi	125

BAB 5: PENTAKSIRAN BAHAYA GEMPA BUMI

5.1	Pengenalan	128
5.2	Analisis Geomorfometrik	128
5.2.1	Keluk Hipsometrik dan Integral Hipsometrik	128
5.2.2	Frekuensi Cerun	136
5.2.3	Profil Sungai	139
5.2.4	Asimetri Lembangan (AF)	141
5.2.5	Indeks Kecerunan Saliran (KSn)	142
5.3	Inventori Potensi Seismik	145
5.3.1	Lokaliti MM01	146
5.3.2	Lokaliti MM02	150
5.3.3	Lokaliti MM03	152

5.3.4	Lokaliti MM04	155
5.3.5	Lokaliti MM05	157
5.3.6	Lokaliti MM06	159
5.3.7	Lokaliti MM07	162
5.3.8	Lokaliti MM08	164
5.3.9	Lokaliti MM09	166
5.4	Analisis Bahaya Gempa Bumi (HAn-RE)	168
5.4.1	Persempadanan Zon Sumber Gempa Bumi	168
5.4.2	Pengezonan Makro PGA	172
5.4.3	Pengezonan Mikro PGA	176
5.4.4	Hasil Analisis Bahaya Gempa Bumi (HAn-RE)	185
5.5	Rumusan	188
BAB 6: ELEMEN BERISIKO DAN KEMUDAHTERANCAMAN BAHAYA GEMPA BUMI		
6.1	Pengenalan	189
6.2	Pola dan Kependudukan	189
6.3	Elemen Berisiko	192
6.3.1	Pengenalpastian Elemen Berisiko (REI-RE)	192
6.3.2	Pengenalpastian Elemen Berisiko : Kajian Rantau	201
6.4	Kemudahterancaman Fizikal	210
6.4.1	Hasil Analisis Kemudahterancaman Fizikal	210
6.4.2	Model Pendedahan Kemudahterancaman Fizikal	214
6.5	Kemudahterancaman Sosial	217
6.5.1	Hasil Analisis Kemudahterancaman Sosial	217
6.5.2	Model Pendedahan Terhadap Kemudahterancaman Sosial	221

6.6	Kemudahterancaman Persekitaran	224
6.6.1	Hasil Analisis Kemudahterancaman Persekitaran	224
6.6.2	Model Pendedahan Terhadap Kemudahterancaman Persekitaran	226
6.7	Nilai Perkadaran Parameter Pentaksiran Kemudahterancaman Gempa Bumi	228
6.8	Model Hasil Analisis Pentaksiran Kemudahterancaman Gempa Bumi (VAs-RE)	222
6.9	Rumusan	240
BAB 7: PENTAKSIRAN RISIKO GEMPA BUMI		
7.1	Pengenalan	242
7.2	Penganggaran Risiko Gempa Bumi	242
7.2.1	Hasil Penganggaran Risiko Gempa Bumi (REst-RE)	242
7.2.2	Rumusan Penganggaran Risiko Gempa Bumi (REst-RE)	246
7.3	Penilaian Risiko Gempa Bumi	248
7.3.1	Prinsip Penilaian Risiko Gempa Bumi (REva-RE)	248
7.3.2	Hasil Prinsip Penilaian Risiko Gempa Bumi (REva-RE) di Kawasan Ranau	248
7.4	Mitigasi Risiko Gempa Bumi	251
7.4.1	Pengenalan	251
7.4.2	Pendekatan Struktur	251
7.4.3	Pendekatan Bukan Struktur	262
7.4.4	Sistem Pengurusan Risiko Gempa Bumi (RiMS-RE)	270
7.4.5	Pelan Strategik Pengurangan Risiko Gempa Bumi	275
7.5	Rumusan	279

BAB 8: KESIMPULAN DAN CADANGAN		
8.1	Pengenalan	280
8.2	Pentaksiran Bahaya Gempa Bumi	280
8.3	Penyediaan Model Pengezonan Sempadan Sumber Gempa Bumi	281
8.4	Penghasilan Peta Kemudahterancaman dan Risiko Gempa Bumi	282
8.5	Mitigas Risiko Gempa Bumi	282
8.6	Cadangan Kajian Lain	283
8.7	Penutup	284
RUJUKAN		286
LAMPIRAN		299



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI JADUAL

	Halaman
Jadual 2.1 : Skala <i>Modified Mercalli Intensity</i> (MMI)	32
Jadual 2.2 : Magnitud dan Kelas Kekuatan Gempa Bumi	34
Jadual 2.3 : Hubungan antara Magnitude (Ritcher) dan Intensity (MMI) Gempa Bumi	35
Jadual 2.4 : Sumber Katalog Gempa Bumi Kajian Pengkaji Lepas	50
Jadual 2.5 : Perbandingan Kematian Risiko Individu daripada Bahaya di New Zealand (Penduduk~3.5 Juta) Purata Tahunan Antara Tahun 1840 dan 1990	56
Jadual 4.1 : Pengurusan Risiko Gempa Bumi	126
Jadual 5.1 : Kategori Jenis Tapak Kod Sismik	177
Jadual 5.2 : Pengelasan Tapak dengan Parameter Spektrum Tindak Balas Elastik Mendatar	177
Jadual 5.3 : Pengelasan Sub-Tanah Dalam Eurocode 8	178
Jadual 5.4 : Nilai NSPT dan Faktor Amplifikasi (AG) Bagi Litologi di Kawasan Kajian	179
Jadual 6.1 : Latar Belakang Responden	193
Jadual 6.2 : Statistik Deskriptif	196
Jadual 6.3 : Tahap Pengetahuan Responden	196
Jadual 6.4 : Tahap Kesedaran Responden	197
Jadual 6.5 : Tahap Kesiapsiagaan Responden	197
Jadual 6.6 : Keputusan Ujian Korelasi Spearman	198
Jadual 6.7 : Keputusan Ujian Perbandingan	199
Jadual 6.8 : Keputusan ANOVA dan Nilai R^2 Regresi Pelbagai	200
Jadual 6.9 : Nilai Pekali Model Regresi	201
Jadual 6.10 : Senarai Mukim yang Terdapat Dalam Kawasan Kajian	202

Jadual 6.11	: Keluasan Bagi Setiap Aktiviti Guna Tanah di Kawasan Ranau	206
Jadual 6.12	: Hasil Analisis Kemudahterancaman Fizikal	212
Jadual 6.13	: Hasil Analisis Kemudahterancaman Sosial	219
Jadual 6.14	: Hasil Analisis Kemudahterancaman Persekitaran	225
Jadual 6.15	: Rumusan Hasil Analisis Pentaksiran Kemudahterancaman Gempa Bumi (VAs-RE)	229
Jadual 6.16	: Pengelasan dan Pencirian Kemudahterancaman Fizikal (VF)	230
Jadual 6.17	: Pengelasan dan Pencirian Kemudahterancaman Sosial (VS)	231
Jadual 6.18	: Pengelasan dan Pencirian Kemudahterancaman Persekitaran (VP)	232
Jadual 7.1	: Rumusan Penganggaran Risiko Gempa Bumi (REst-RE) 10% di Kawasan Ranau	246
Jadual 7.2	: Rumusan Penganggaran Risiko Gempa Bumi (REst-RE) 2% di Kawasan Ranau	247
Jadual 7.3	: Mitigasi Berdasarkan Bahaya Gempa Bumi	263
Jadual 7.4	: Mitigasi Berdasarkan Penanggaran Risiko Gempa Bumi	266
Jadual 7.5	: Mitigasi Berdasarkan Penilaian Risiko Gempa Bumi	269
Jadual 7.6	: Tindakan Mitigasi Sistem Pengurusan Risiko Gempa Bumi (RiMS-RE)	273
Jadual 7.7	: Pelaksanaan Pelan Strategik Melalui Perancangan Inisiatif Strategik	278

SENARAI RAJAH

	Halaman
Rajah 2.1 : Struktur Lapisan Bumi	15
Rajah 2.2 : Menurut Teori Hanyutan Benua, Pangea Mula Berpecah Kira-Kira 225-200 Juta Tahun yang Lalu dan Akhirnya Menjadi Benua Seperti yang Kita Kenal Sekarang	16
Rajah 2.3 : Jenis Sempadan Tektonik	18
Rajah 2.4 : Plat Tektonik dan Sempadan Plat di Seluruh Dunia (Anak Panah Menunjukkan Arah Pergerakan Plat)	18
Rajah 2.5 : Mekanisme Pembentukan Gempa Bumi Berdasarkan Kepada Teori " <i>Elastic Rebound</i> "	20
Rajah 2.6 : Ciri-Ciri Gempa Bumi Untuk Menggambarkan Lokasinya dan Spesifikasi Geometri Sesar	21
Rajah 2.7 : Pergerakan <i>P-Waves</i> dan <i>S-Wave</i>	26
Rajah 2.8 : Pergerakan Gelombang <i>Rayleigh</i> dan Gelombang <i>Love</i>	27
Rajah 2.9 : Proses Pantulan dan Pembiasan Gelombang Seismik	29
Rajah 2.10 : Penyebaran Gelombang Satah Mengikut Prinsip Huygens. (A) Melalui Medium Homogen di Mana Halaju Tetap; (B) Medium Tidak Homogen dan Halaju yang Berubah Secara Seragam ke Arah Perambatan; (C) Dua Medium yang Berbeza dengan Halaju yang Berbeza	30
Rajah 2.11 : Skala Penyiasatan Bahaya Gempa Bumi	36
Rajah 2.12 : Gerak Kerja Piawai PSHA Penilaian Gempa Bumi Bagi Aktiviti Seismik Terhadap Sumber Gempa Bumi	41
Rajah 2.13 : Aturan Seismotektonik di Sekitar Malaysia	47
Rajah 2.14 : <i>Modified Mercalli Intensities</i> (MMI) di Malaysia	48
Rajah 2.15 : Pentaksiran Risiko Gempa Bumi	52
Rajah 2.16 : Kesan Peristiwa Gempa Bumi di Lautan Hindi Pada Tahun 2004	57

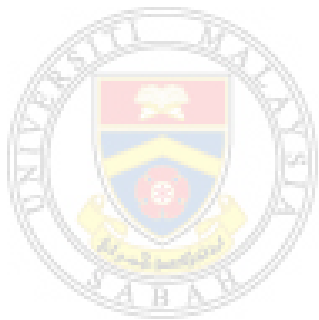
Rajah 3.1	:	Lokasi Kawasan Kajian	61
Rajah 3.2	:	Kontur Kawasan Kajian	66
Rajah 3.3	:	Model 3 Dimensi Topografi yang Berbukit di Kawasan Kajian	66
Rajah 3.4	:	Order Sungai di Kawasan Kajian	68
Rajah 3.5	:	Ringkasan Kedudukan Keeping Tektonik Borneo di Asia Tenggara	71
Rajah 3.6	:	Lakaran Peta Struktur Laut China Selatan-Palawan-Borneo Utara Laut Celebes-Sulawesi yang Menunjukkan Rejim Mampatan Barat Laut-Tenggara di Sabah Akibat Pembukaan Laut China Selatan dan Perlanggaran Platform Banggi-Sulu dengan Sulawesi Sejak Awal Hingga Lewat Tertiar	72
Rajah 3.7	:	Stratigrafi Umum Sabah	73
Rajah 3.8	:	Stratigrafi Kawasan Kajian	75
Rajah 3.9	:	Geologi Kawasan Ranau, Sabah	77
Rajah 3.10	:	Lineamen Bahagian Pantai Barat Sabah	96
Rajah 3.11	:	Pembentukan Tren Lineamen Pantai Barat dan Utara Sabah Hasil Daripada Pemampatan Daya Arah Timur Laut – Barat Daya Dan Utara – Selatan	97
Rajah 3.12	:	Taburan Lineamen Positif dan Negatif yang Signifikan Dalam Kawasan Kajian	98
Rajah 3.13	:	Arah Mampatan Tren Barat Laut-Tenggara Melalui Plot Jurus dan Kemiringan di Kawasan Kajian	99
Rajah 3.14	:	Sesar Mensaban dan Sesar Mesilou di Kawasan Kajian	102
Rajah 4.1	:	Kerangka Kerja Pentaksiran Risiko dan Mitigasi Gempa Bumi	103
Rajah 4.2	:	Kerangka Kerja Bagi Setiap Fasa Dalam Strategi Pentaksiran Risiko dan Mitigasi Gempa Bumi (RiMS-RE)	104
Rajah 4.3	:	Carta Alir Pengenalpastian Bahaya Gempa Bumi (HI-RE)	106

Rajah 4.4	:	Saliran Pada Lembangan Menunjukkan Bagaimana Perubahan Pada Lengkung Hipsometrik Berubah dengan Kontur	109
Rajah 4.5	:	Komponen yang Terlibat Dalam Pelaksanaan Permodelan PSHA	113
Rajah 4.6	:	Carta Alir Pentaksiran Kemudahterancaman Gempa Bumi (VAs-RE)	118
Rajah 4.7	:	Carta Alir Proses Pengenalpastian Elemen Berisiko	123
Rajah 4.8	:	Cadangan Kriteria Risiko Penduduk Untuk Gempa Bumi di Kawasan Kajian	125
Rajah 5.1	:	Keluasan Lembangan A, B, C, D, E, F, G, H, I, dan J	131
Rajah 5.2	:	Pecahan 26 Sub Lembangan	131
Rajah 5.3	:	Keluk Hipsometrik Bagi 25 Sub-Lembangan di Kawasan Kajian	132
Rajah 5.4	:	Densiti Aliran Sungai Lembangan A2	134
Rajah 5.5	:	Peta Integral Hipsometrik dan Litologi Kawasan Kajian	135
Rajah 5.6	:	Taburan Kecerunan Bagi Lembangan A, B, C, G, H, dan I	137
Rajah 5.7	:	Model Ketinggian Bagi Lembangan A, B, C, G, H, dan I	138
Rajah 5.8	:	Taburan Jarak dan Ketinggian Sungai Bagi Lembangan A, B, C, G, H, dan I	140
Rajah 5.9	:	Nilai Faktor Asimetri Lembangan A, B, C, D, E, dan F	141
Rajah 5.10	:	Peta Taburan Indeks Kecerunan Saliran	142
Rajah 5.11	:	Lokasi Sembilan Lokaliti Inventori Potensi Seismik	145
Rajah 5.12	:	Lokasi Kawasan Cerapan dengan Latar Belakang Imej Satelit <i>Google Earth</i>	157
Rajah 5.13	:	Sesar (Garis Merah) Dikenalpasti Memotong Sesar Mensaban	159
Rajah 5.14	:	Lembah Curam yang Mengarah dari Lombong Mamut ke Mata Air Panas Poring	166

Rajah 5.15	:	Perubahan Morfologi Lembah yang Mengarah dari Lombong Mamut ke Mata Air Panas Poring	167
Rajah 5.16	:	Ilustrasi Gegaran Gempa Bumi Utama, Sebelum dan Susulan	170
Rajah 5.17	:	Model Gempa Bumi dengan Sumber Sesar Mensaban dan Mesilou	171
Rajah 5.18	:	Peta Bahaya Gempa Bumi Pengezonan Makro 10%	174
Rajah 5.19	:	Peta Bahaya Gempa Bumi Pengezonan Mikro 2%	175
Rajah 5.20	:	Peta Litologi di Kawasan Ranau	180
Rajah 5.21	:	Peta Faktor Amplifikasi Tanah Gempa Bumi	181
Rajah 5.22	:	Peta Bahaya Gempa Bumi Pengezonan Mikro (10%)	183
Rajah 5.23	:	Peta Bahaya Gempa Bumi Pengezonan Mikro (2%)	184
Rajah 5.24	:	Peta Bahaya Gempa Bumi (10%)	186
Rajah 5.25	:	Peta Bahaya Gempa Bumi (2%)	187
Rajah 6.1	:	Peta Taburan Kepadatan Populasi Penduduk di Kawasan Ranau	191
Rajah 6.2	:	Jenis Tempat Kediaman Responden	194
Rajah 6.3	:	Lokasi Kediaman Responden	194
Rajah 6.4	:	Tempoh Responden Mendiami Kediaman	195
Rajah 6.5	:	Kekerapan Berlaku Gempa Bumi dalam Tempoh Satu Tahun	195
Rajah 6.6	:	Peta Daerah dalam Kawasan Kajian	203
Rajah 6.7	:	Peta Kepadatan Populasi Berdasarkan Kepadatan Bangunan Pada Mukim Dalam Daerah Ranau, Kota Belud, Tuaran dan Tambunan	204
Rajah 6.8	:	Peta Nilai Harta Benda di Kawasan Ranau, Sabah	208
Rajah 6.9	:	Peta Jenis Guna Tanah Sub-Sekto	209
Rajah 6.10	:	Model Pendedahan Kemudahterancaman Fizikal (VF) Bagi Parameter Struktur Bangunan	214

Rajah 6.11	:	Model Pendedahan Kemudahterancaman Fizikal (VF) Bagi Kelengkapan Dalam	215
Rajah 6.12	:	Model Pendedahan Kemudahterancaman Fizikal (VF) Bagi Kerosakan Harta Benda	215
Rajah 6.13	:	Model Pendedahan Kemudahterancaman Fizikal (VF) Bagi Kemudahan Infrastruktur	216
Rajah 6.14	:	Model Pendedahan Kemudahterancaman Fizikal (VF) Bagi Tindakan Penstabilan	216
Rajah 6.15	:	Model Pendedahan Kemudahterancaman Sosial (VS) Bagi Parameter Kecederaan	221
Rajah 6.16	:	Model Pendedahan Kemudahterancaman Sosial (VS) Bagi Parameter Kematian	222
Rajah 6.17	:	Model Pendedahan Kemudahterancaman Sosial (VS) Bagi Keselamatan	222
Rajah 6.18	:	Model Pendedahan Kemudahterancaman Sosial (VS) Bagi Kehilangan Tempat Tinggal	223
Rajah 6.19	:	Model Pendedahan Kemudahterancaman Sosial (VS) Bagi Kesedaran Awam	223
Rajah 6.20	:	Model Pendedahan Kemudahterancaman Persekitaran (VP) Bagi Tempoh Masa Pembaikan	226
Rajah 6.21	:	Model Pendedahan Kemudahterancaman Sosial (VS) Bagi Operasi Harian	227
Rajah 6.22	:	Model Pendedahan Kemudahterancaman Sosial (VS) Bagi Diversiti	227
Rajah 6.23	:	Peta Kemudahterancaman Fizikal (VF) Kawasan Ranau	236
Rajah 6.24	:	Peta Kemudahterancaman Sosial (VS) Kawasan Ranau	237
Rajah 6.25	:	Peta Kemudahterancaman Persekitaran (VP) Kawasan Ranau	238
Rajah 6.26	:	Peta Kemudahterancaman Gempa Bumi (V) di Kawasan Ranau	239
Rajah 7.1	:	Peta Analisis Risiko Gempa Bumi (Ran-RE) 10% Kawasan Ranau	244

Rajah 7.2	:	Peta Analisis Risiko Gempa Bumi (Ran-RE) 2% Kawasan Ranau	245
Rajah 7.3	:	Kriteria Risiko Masyarakat Untuk Gempa Bumi di Kawasan Ranau	250
Rajah 7.4	:	Rekabentuk Diafragma Dalam Pembinaan Bangunan Bertingkat	260
Rajah 7.5	:	Pelan Pelaksanaan Sistem Pengurusan Gempa Bumi (RiMS-RE)	272
Rajah 7.6	:	Pelan Strategik Pengurangan Risiko Gempa Bumi di Kawasan Ranau	275



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH