

**MODEL PENTAKSIRAN RISIKO BANJIR PASCA
GEMPA BUMI DI KOTA BELUD, SABAH**

KAMILIA BINTI SHARIR



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

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

2022

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL : **MODEL PENTAKSIRAN RISIKO
BANJIR PASCA GEMPA BUMI DI KOTA BELUD,
SABAH**

IJAZAH : **DOKTOR FALSAFAH SAINS BUMI**

BIDANG : **GEOLOGI**

Saya **KAMILIA BINTI SHARIR**, Sesi **2018-2022**, 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,

KAMILIA BINTI SHARIR
DS1811006T

(Tandatangan Pustakawan)

Tarikh: 14 September 2022

Prof. Madya Dr. Rodeano Bin Roslee
Penyelia

PENGAKUAN

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

21 Jun 2022

Kamilia Binti Sharir

DS1811006T



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGESAHAN

NAMA : **KAMILIA BINTI SHARIR**
NO MATRIK : **DS1811006T**
TAJUK : **MODEL PENTAKSIRAN RISIKO BANJIR PASCA
GEMPA BUMI DI KOTA BELUD, SABAH**
IJAZAH : **DOKTOR FALSAFAH SAINS BUMI**
BIDANG : **GEOLOGI**
TARIKH VIVA : **21 JUN 2022**

DISAHKAN OLEH:

 **PENYELIA**
Prof. Madya Dr Rodeano Bin Roslee

UMMS Tandatangan
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGHARGAAN

Syukur Alhamdulillah terhadap Allah S.W.T tuhan sekalian alam atas segala rahmat yang dicurahkan dari segi kesihatan, masa dan kematangan fikiran untuk menyiapkan kajian ini. Jutaan terima kasih yang tidak terhingga saya ucapkan kepada penyelia utama Prof. Madya Dr. Rodeano Roslee atas bimbingan, teguran dan nasihat yang sangat berguna dan banyak membantu menguatkan lagi semangat saya untuk menyiapkan kajian ini. Terima kasih kerana banyak membuka ruang dan peluang untuk saya menimba ilmu dan meningkatkan pengalaman dalam bidang ini.

Terima kasih juga diucapkan kepada Fakulti Sains dan Sumber Alam, Universiti Malaysia Sabah khususnya Pusat Kajian Bencana Alam (NDRC) kerana menyediakan tempat untuk saya menjalani kajian ini. Tidak dilupakan kepada pihak Universiti Malaysia Sabah atas tawaran biasiswa Skim Bantuan Pascasiswazah serta geran penyelidikan SDK 0012-2017 dan GUG 0303-2/2018 yang banyak membantu dari segi sokongan kewangan dalam menjalankan kajian ini.

Saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada pegawai-pegawai dari Jabatan Pengairan dan Saliran, Sabah (bahagian hidrologi) (JPS), Jabatan Mineral dan Geosains Malaysia (JMG), Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM), Pejabat Tanah Daerah Kota Belud dan Angkatan Pertahanan Awam Malaysia cawangan Kota Belud (APM) kerana membantu saya dari segi penyediaan data dan peta-peta yang berkaitan.

Penghargaan ini juga saya tujukan khas kepada keluarga tercinta iaitu bapa Tuan Hj. Sharir Othman, ibu Puan Hjh. Ashanah Ismail, suami En Muhammad Shakirin Uzir, anak Kayden Muhammad Shakirin serta kakak Puan Hjh. Khizran Sharir dan ahli keluarga yang lain yang banyak memberi sokongan, pengorbanan, kerjasama dan kesabaran dalam mengharungi liku-liku cabaran sepanjang pengajian penyelidikan Doktor Falsafah (PhD). Mereka sentiasa menitipkan doa untuk keberkatan saya di sini. Mereka juga banyak menyokong saya dari segenap aspek kerohanian, kewangan dan bimbingan terhadap tekanan kerja. Tanpa mereka sukar bagi saya menghadapi hari-hari yang penuh dengan cabaran ini. Moga jasa baik mereka akan diganjari dengan kurniaan Allah yang tidak ternilai harganya.

Sebelum menutup bicara, saya ingin menyampaikan sekalung terima kasih kepada sesiapa sahaja yang terlibat secara langsung dan tidak langsung sepanjang tempoh penyelidikan ini dijalankan. Jasa dan budi kalian amatlah saya hargai dan diucapkan dengan jutaan terima kasih. Sesungguhnya hanya Allah yang dapat membalasnya.

Kamilia Binti Sharir
21 Jun 2022

ABSTRAK

Matlamat utama kajian ini adalah untuk membangunkan sebuah model Pengurusan Bahaya dan Risiko Banjir (FRM) yang praktikal dan komprehensif di kawasan Kota Belud, Sabah. Terdapat lima komponen penting dalam FRM iaitu pentaksiran bahaya, pendedahan elemen berisiko dan kemudahterancaman, analisis risiko, penilaian risiko dan mitigasi risiko. Pentaksiran Bahaya Banjir (FHAs) dihasilkan melalui gabungan dua pendekatan berbeza iaitu dengan analisis limpahan banjir dan indeks kerentanan banjir. Pendekatan secara hidrodinamik (model HEC-RAS) digunakan untuk menghasilkan Peta Limpahan Banjir berdasarkan tempoh ulangan banjir yang berbeza. Indeks Kerentanan Banjir pula dijana secara statistik-bivariat (model Nisbah Kekerapan) dan heuristik (model AHP) berdasarkan enam parameter terpilih iaitu ketumpatan saliran, penampunan saliran, guna tanah, ketinggian topografi, indeks kelembapan topografi dan litologi. Hasil analisis yang mempunyai nilai validasi tertinggi di antara kedua model ini akan digabungkan dengan peta limpahan banjir bagi menjana peta FHAs. Pengenalpastian Elemen Berisiko Banjir (FREI) dikenal pasti secara nyata (melalui jejak bangunan dan jenis jaringan jalan raya) atau tidak nyata (dilakukan secara soal selidik di lapangan). Peta Ketumpatan Fizikal dihasilkan dari data jejak bangunan dan jaringan jalan raya untuk menggambarkan elemen berisiko pada skala rantau. Selanjutnya adalah Pentaksiran Kemudahterancaman Banjir (FVAs) yang dihasilkan melalui integrasi antara parameter kemudahterancaman (V) (fizikal, sosial dan persekitaran) dan FREI. Gabungan ketiga-tiga komponen (FHAs, FREI dan FVAs) ini akan menghasilkan Peta Analisis Risiko Banjir (FRAn) di kawasan kajian. Akhir sekali, Penilaian Risiko Banjir (FREv) dan cadangan mitigasi yang sesuai sama ada melalui pendekatan struktur atau bukan struktur dapat disyorkan. Dapatan kajian menunjukkan bahawa hasil peta FHAs mempunyai nilai validasi dalam kategori baik iaitu 88.4%. Bagi hasil FREI pula, ketumpatan elemen berisiko tinggi terletak berhampiran dengan sungai utama iaitu Sg. Kadamaian, Sg. Wariu, Sg. Tempasuk, Sg. Abai dan Sg. Gurong-Gurong. Hasil peta FVAs menunjukkan sebahagian besar dari kawasan kajian dalam kategori kemudahterancaman sangat sederhana iaitu 55.07% ($\sim 108.49\text{km}^2$) dan tiada kawasan mempunyai nilai kemudahterancaman dalam kategori sangat tinggi. Hasil FRAn menunjukkan bahawa kawasan-kawasan dalam darjah bahaya dan kemudahterancaman banjir yang tinggi turut mempunyai darjah risiko banjir yang tinggi seperti di Padang Pekan, Kg Lilud, Kg Sangkir, Kg Jawi-jawi, Kg Kota Bunga, Kg Limatok dan Kg Tamau dan begitu juga sebaliknya. FREv mendedahkan tahap kesiapsiagaan dan kedayatahan penduduk perlu ditingkatkan.

Kata kunci: Pentaksiran bahaya, risiko, banjir, pasca-gempa bumi

ABSTRACT

POST-EARTHQUAKE FLOOD RISK ASSESSMENT MODEL IN KOTA BELUD, SABAH

The main objective of this study is to develop a practical dan comprehensive Flood Hazard and Risk Management (FRM) model in Kota Belud, Sabah. There are five important components in the FRM namely hazard assessment, exposure of element-at-risk, and vulnerability, risk analysis, risk assessment and risk mitigation. Flood Hazard Assessment (FHAs) is produced by combining two different approaches: analysing flood inundation areas and flood susceptibility indexes. A hydrodynamic approach (HEC-RAS model) generated the Flood Inundation Maps based on different return periods. The Flood Susceptibility Index was generated statistically bivariate (Frequency Ratio model) and heuristically (AHP model) based on six selected parameters namely drainage density, drainage proximity, land use, topographic elevation, topographic wetness index, and lithology. The results of the analysis with the highest validation value between these two models will be combined with the flood inundation map to generate a map of FHAs. Flood Risk Elements Identification (FREI) was identified tangible (through building footprints and road network types) or in tangible (conducted by field questionnaires). The Physical Density Map is then derived from the building footprint, and road map across to best depict the element-at-risk on a regional scale. The Flood Vulnerability Assessment (FVAs) was produced by integrating vulnerability parameters (V) (physical, social, and environmental) and FREI. The combination of these three components (FHAs, FREIs and FVAs) will produce a Flood Risk Analysis Map (FRAn) in the study area. Finally, Flood Risk Evaluation (FREv) and appropriate mitigation measures either through structural or non-structural approaches can be recommended. The research findings shows that the results of the FHAs map had a high validation value of 82.13%. As for FREI results, the high density of elements at risk is located near the main river namely Sg. Kadamaian, Sg. Wariu, Sg. Tempasuk, Sg. Abai and Sg. Gurong-Gurong. The results of the FVA map show that most of the study area is in the category of moderate vulnerability which is 55.07% (~ 108.49km²) and no area had a vulnerability as very high category. FRAn results indicate that areas with a high degree of flood hazard and vulnerability also have a high degree of flood risk like in Padang Pekan, Kg Lilud, Kg Sangkir, Kg Jawi-jawi, Kg Kota Bunga, Kg Limatok dan Kg Tamau and vice versa. FREv revealed the level of preparedness and resilience of the population needs to be increased.

Keywords: hazard assessment, risk, flood, post-earthquake

SENARAI KANDUNGAN

| | Halaman |
|-----------------------------------|---------|
| TAJUK | i |
| PENGAKUAN | ii |
| PENGESAHAN | iii |
| PENGHARGAAN | iv |
| ABSTRAK | v |
| <i>ABSTRACT</i> | vi |
| SENARAI KANDUNGAN | vii |
| SENARAI JADUAL | xi |
| SENARAI RAJAH | xiv |
| SENARAI FOTO | xviii |
| SENARAI SINGKATAN | xix |
| SENARAI LAMPIRAN | xxii |
| BAB 1 PENGENALAN | |
| 1.1 Pendahuluan | 1 |
| 1.2 Konsep | 3 |
| 1.3 Permasalahan Kajian | 3 |
| 1.4 Persoalan Kajian | 5 |
| 1.5 Objektif Kajian | 6 |
| 1.6 Kepentingan Kajian | 6 |
| 1.7 Limitasi Kajian | 7 |
| 1.8 Sumbangan Kajian | 7 |
| 1.9 Struktur Kajian | 8 |
| BAB 2 KAJIAN KEPUSTAKAAN | |
| 2.1 Pendahuluan | 10 |
| 2.2 Pengenalpastian Bahaya Banjir | 10 |
| 2.2.1 Definisi Banjir | 12 |
| 2.2.2 Jenis Banjir | 13 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.2.3 | Mekanisme Pencetus Banjir | 15 |
| 2.2.4 | Banjir Di Malaysia | 18 |
| 2.3 | Prinsip Pentaksiran Risiko Banjir | 33 |
| 2.3.1 | Analisis Bahaya Banjir | 34 |
| 2.3.2 | Pendedahan Elemen Berisiko Banjir | 52 |
| 2.3.3 | Kemudahterancaman Banjir | 53 |
| 2.3.4 | Penilaian Dan Pentaksiran Risiko Banjir | 56 |
| 2.4 | Mitigasi Dan Sistem Pengurusan Banjir Di Malaysia | 58 |
| 2.4.1 | Mitigasi Secara Struktur | 58 |
| 2.4.2 | Mitigasi Secara Bukan Struktur | 59 |
| 2.5 | Rumusan | 61 |

BAB 3 BAHAN DAN KAEDAH KAJIAN

| | | |
|-------|--|-----|
| 3.1 | Pendahuluan | 63 |
| 3.2 | Pentaksiran Bahaya Banjir (Fasa 1) | 65 |
| 3.2.1 | Penyediaan Pangkalan Data | 66 |
| 3.2.2 | Analisis Kekerapan Banjir | 69 |
| 3.2.3 | Pemilihan Parameter Banjir | 75 |
| 3.2.4 | Analisis Dan Pentaksiran Bahaya Banjir | 78 |
| 3.3 | Penganggaran Risiko Banjir (Fasa 2) | 92 |
| 3.3.1 | Pengenalpastian Elemen Berisiko Banjir | 92 |
| 3.3.2 | Pentaksiran Kemudahterancaman Banjir | 97 |
| 3.4 | Pentaksiran Risiko Banjir (Fasa 3) | 105 |
| 3.5 | Mitigasi Banjir (Fasa 4) | 108 |
| 3.6 | Rumusan | 109 |

BAB 4 GEOGRAFI DAN GEOLOGI

| | | |
|-------|---|-----|
| 4.1 | Pendahuluan | 110 |
| 4.2 | Geografi Kawasan Kota Belud | 110 |
| 4.2.1 | Demografi | 111 |
| 4.2.2 | Iklim | 113 |
| 4.3 | Geologi Dan Geomorfologi Kawasan Kota Belud | 115 |
| 4.3.1 | Geologi | 117 |

| | | |
|-------|--------------------|-----|
| 4.3.2 | Topografi | 119 |
| 4.3.3 | Saliran Dan Banjir | 122 |
| 4.4 | Rumusan | 140 |

BAB 5 PENTAKSIRAN BAHAYA BANJIR

| | | |
|-------|--|-----|
| 5.1 | Pengenalan | 143 |
| 5.2 | Analisis Kekerapan Banjir | 144 |
| 5.2.1 | Siri Maksimum Tahunan | 144 |
| 5.2.2 | Taburan Kekerapan Banjir | 147 |
| 5.2.3 | Model Ujian Kebagusan Penyuaian | 150 |
| 5.2.4 | Tempoh Ulangan Banjir (Ari) | 151 |
| 5.3 | Analisis Faktor Penyumbang Banjir | 153 |
| 5.3.1 | Taburan Banjir | 153 |
| 5.3.2 | Peta Tematik Terbitan | 157 |
| 5.3.3 | Pemilihan Faktor | 175 |
| 5.4 | Analisis Limpahan Banjir: Hidrodinamik | 176 |
| 5.4.1 | Hidrograf Bagi Tempoh Ulangan Banjir (Ari) Berbeza | 177 |
| 5.4.2 | Penentuan Model Dan Pengesahsahihan Model | 179 |
| 5.4.3 | Peta Limpahan Banjir | 182 |
| 5.5 | Analisis Kerentanan Banjir: Heuristik & Statistik | 190 |
| 5.5.1 | Model Proses Analitikal Berhierarki (Ahp) | 192 |
| 5.5.2 | Model Nisbah Kekerapan (Fr) | 196 |
| 5.5.3 | Pengesahsahihan Model | 200 |
| 5.6 | Pentaksiran Bahaya Banjir | 202 |
| 5.6.1 | Peta Bahaya Banjir | 203 |
| 5.7 | Perbincangan | 207 |

BAB 6 PENGENALPASTIAN ELEMEN BERISIKO DAN PENTAKSIRAN KEMUDAHTERANCAMAN BANJIR

| | | |
|-------|--|-----|
| 6.1 | Pengenalan | 214 |
| 6.2 | Pendedahan Elemen Berisiko | 214 |
| 6.2.1 | Pengenalpastian Elemen Berisiko Nyata (Kajian Rantau) | 215 |
| 6.2.2 | Pengenalpastian Elemen Berisiko Tidak Nyata (Kajian Kes) | 221 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 6.3 | Kemudahterancaman Banjir | 228 |
| 6.3.1 | Analisis Kemudahterancaman Fizikal (Vf) | 229 |
| 6.3.2 | Analisis Kemudahterancaman Sosial (Vs) | 232 |
| 6.3.3 | Analisis Kemudahterancaman Persekitaran (Ve) | 235 |
| 6.3.4 | Pentaksiran Kemudahterancaman Banjir (V) | 238 |
| 6.4 | Perbincangan | 245 |
| 6.4.1 | Pendedahan Elemen Berisiko | 245 |
| 6.4.2 | Pentaksiran Kemudahterancaman Banjir | 248 |

BAB 7 PENTAKSIRAN RISIKO DAN KONSEP MITIGASI BANJIR

| | | |
|-------|--|-----|
| 7.1 | Pengenalan | 251 |
| 7.2 | Pentaksiran Risiko Banjir | 252 |
| 7.2.1 | Penganggaran Risiko Banjir | 252 |
| 7.2.2 | Penilaian Risiko Banjir | 256 |
| 7.3 | Perbincangan | 258 |
| 7.3.1 | Penganggaran dan Penilaian Risiko Banjir | 258 |
| 7.3.2 | Cadangan Mitigasi Banjir | 260 |

BAB 8 PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN

| | | |
|-----|--------------------------|-----|
| 8.1 | Pengenalan | 264 |
| 8.2 | Kesimpulan | 265 |
| 8.3 | Cadangan Kajian Lanjutan | 268 |

| | |
|----------------|-----|
| RUJUKAN | 269 |
|----------------|-----|

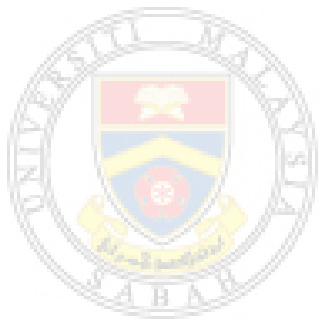
| | |
|-----------------|-----|
| LAMPIRAN | 298 |
|-----------------|-----|

SENARAI JADUAL

| | Halaman |
|---|---------|
| Jadual 2.1: Jenis dan penyebab banjir di Malaysia. | 15 |
| Jadual 2.2: Maklumat kejadian banjir di Malaysia tahun 2016-2017. | 20 |
| Jadual 2.3: Sejarah kejadian banjir besar di Malaysia dari 1926-2021. | 20 |
| Jadual 2.4: Data banjir yang berlaku di Kota Belud tahun 2015-2016. | 25 |
| Jadual 2.5: Keluasan sungai yang terjejas akibat gempa bumi. | 27 |
| Jadual 2.6: Bacaan paras banjir di stesen tolok lurus Sg. Tempasuk. | 31 |
| Jadual 2.7: Lokasi sensor S.A.I.F.O.N yang di sekitar sungai-sungai utama. | 32 |
| Jadual 2.8: Kelebihan dan kelemahan pendekatan pemodelan banjir. | 45 |
| Jadual 2.9: Perbezaan jenis kaedah statistik dan model yang digunakan. | 49 |
| Jadual 2.10: Peranan peta bahaya banjir kepada pihak berkepentingan. | 51 |
| Jadual 2.11: Langkah mitigasi secara struktur yang di amalkan di Malaysia. | 60 |
| Jadual 2.12: Pelan mitigasi secara bukan struktur di Malaysia. | 61 |
| Jadual 3.1: Ringkasan sumber data/bahan yang digunakan dalam kajian ini. | 67 |
| Jadual 3.2: Nilai Y_n dan S_n dalam Taburan Gumbel (EV Jenis I). | 71 |
| Jadual 3.3: Nilai signifikan alfa yang digunakan dalam ujian KS. | 74 |
| Jadual 3.4: Pengelasan bagi setiap peta tematik terbitan. | 77 |
| Jadual 3.5: Perbezaan proses aliran mantap dan aliran tidak mantap. | 79 |
| Jadual 3.6: Nilai koefisien Manning untuk jenis guna tanah yang berbeza. | 83 |
| Jadual 3.7: Pengelasan keluasan bawah lengkungan (AUC). | 91 |
| Jadual 3.8: Keterangan bagi setiap sub-parameter kemudahterancaman banjir yang dinilai. | 99 |
| Jadual 4.1: Anggaran penduduk di daerah Kota Belud. | 112 |
| Jadual 4.2: Ringkasan taburan hujan bulanan di kawasan kajian. | 114 |

| | | |
|--------------|--|-----|
| Jadual 4.3: | Maklumat asas lembangan sungai utama di kawasan kajian. | 125 |
| Jadual 4.4: | Kategori Keamatan Hujan dalam tempoh sejam. | 135 |
| Jadual 4.5: | Ketebalan endapan fluvial bagi setiap lubang gerudi. | 140 |
| Jadual 5.1: | Analisis deskriptif data luahan sungai di kedua-dua stesen hidrologi. | 146 |
| Jadual 5.2: | Rumusan pengiraan kaedah taburan Gumbel menggunakan teknik plot Weibull bagi untuk mendapatkan taburan kekerapan banjir. | 147 |
| Jadual 5.3: | Keputusan ujian kebagusan penyuaian taburan kebarangkalian Gumbel bagi kedua-dua stesen hidrologi. | 151 |
| Jadual 5.4: | Tempoh ulangan banjir bagi kedua-dua stesen hidrologi. | 152 |
| Jadual 5.5: | Lokasi <i>Hot-Spot</i> banjir. | 154 |
| Jadual 5.6: | Keluasan setiap kelas bagi data maklumat hidrologi. | 158 |
| Jadual 5.7: | Keluasan setiap kelas bagi data maklumat geomorfometrik. | 163 |
| Jadual 5.8: | Peratus keluasan dalam kelas litologi. | 168 |
| Jadual 5.9: | Peratus keluasan dalam kelas guna tanah. | 173 |
| Jadual 5.10: | Keputusan analisis Khi-kuasa dua. | 176 |
| Jadual 5.11: | Puncak luahan banjir di kedua-dua stesen hidrologi. | 178 |
| Jadual 5.12: | Bacaan tolok lurus banjir di beberapa lokasi. | 183 |
| Jadual 5.13: | Nilai pemberat bagi setiap model (AHP dan FR). | 191 |
| Jadual 5.14: | Matriks berpasangan untuk model kerentanan banjir (AHP). | 192 |
| Jadual 5.15: | Nilai Eigen untuk parameter banjir yang berbeza. | 192 |
| Jadual 5.16: | Nilai pemberat yang digunakan dalam model FR. | 197 |
| Jadual 5.17: | Nilai indeks baharu yang diberikan pada lapisan peta limpahan banjir dan peta kerentanan banjir. | 203 |
| Jadual 5.18: | Tahap bahaya banjir bagi lokasi di sekitar kawasan kajian. | 205 |
| Jadual 6.1: | Bahagian A – latar belakang responden. | 223 |
| Jadual 6.2: | Bahagian B – persepsi responden. | 224 |
| Jadual 6.3: | Bahagian C – tahap kesedaran responden. | 226 |
| Jadual 6.4: | Bahagian D – kesiapsiagaan dan tindakan responden. | 227 |
| Jadual 6.5: | Kesimpulan hasil parameter kemudahterancaman. | 239 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Jadual 6.6: | Penerangan bagi setiap ciri-ciri kemudahterancaman. | 242 |
| Jadual 7.1: | Rumusan indeks risiko banjir. | 253 |
| Jadual 7.2: | Keterangan bagi setiap tahap risiko banjir. | 255 |



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI RAJAH

| | Halaman |
|--|---------|
| Rajah 2.1: Kawasan berwarna hitam merupakan kawasan mudah banjir. | 21 |
| Rajah 2.2: Rekod bilangan kejadian banjir di Kota Belud. | 23 |
| Rajah 2.3: Taburan gempa bumi dan gempa susulan (1897 – 2021). | 24 |
| Rajah 2.4: Lakaran lembangan sungai di sekitar kaki Gunung Kinabalu. | 27 |
| Rajah 2.5: Kawasan tanah runtuh di sekitar Gunung Kinabalu. | 28 |
| Rajah 2.6: Kawasan tanah runtuh di hulu lembangan Sg Kadamaian. | 29 |
| Rajah 2.7: Prinsip asas dalam pentaksiran risiko bencana. | 33 |
| Rajah 2.8: Interaksi dalam pentaksiran risiko banjir. | 57 |
| Rajah 3.1: Ringkasan kerangka kerja dalam kajian ini. | 64 |
| Rajah 3.2: Ringkasan langkah pertama dalam Fasa 1. | 66 |
| Rajah 3.3: Carta alir pemodelan bahaya banjir menggunakan HEC-RAS. | 80 |
| Rajah 3.4: Carta alir pemodelan bahaya banjir menggunakan nisbah kekerapan. | 84 |
| Rajah 3.5: Carta alir pemodelan bahaya banjir menggunakan AHP. | 88 |
| Rajah 3.6: Carta alir pengenalpastian elemen berisiko. | 94 |
| Rajah 3.7: Pendigitalan bangunan yang ada di kawasan kajian berdasarkan imej <i>Google Earth</i> . | 95 |
| Rajah 3.8: Carta alir kaedah pentaksiran kemudahterancaman banjir. | 99 |
| Rajah 3.9: Carta alir penganggaran risiko banjir. | 106 |
| Rajah 3.10: Tahap risiko dan prinsip ALARP | 107 |
| Rajah 3.11: Cadangan kriteria risiko banjir di kawasan kajian. | 108 |
| Rajah 4.1: Pecahan peratusan etnik dalam daerah Kota Belud, Sabah. | 112 |
| Rajah 4.2: Maklumat data suhu udara dan min kelembapan relatif. | 115 |
| Rajah 4.3: Gambaran keadaan litologi di kawasan dataran banjir. | 116 |
| Rajah 4.4: Peta litostratigrafi kawasan kajian. | 118 |

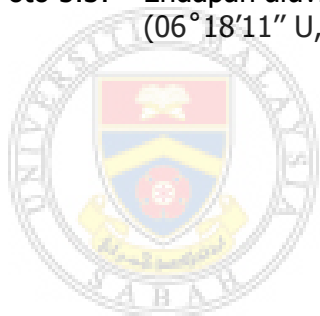
| | | |
|-------------|---|-----|
| Rajah 4.5: | Peta kawasan rendah dan tinggi di kawasan Kota Belud, Sabah. | 121 |
| Rajah 4.6: | Kawasan sawah padi sebagai kawasan takungan air semula jadi. | 122 |
| Rajah 4.7: | Peta sub-lembangan sungai dan sungai utama di kawasan kajian. | 124 |
| Rajah 4.8: | Jenis peringkat sungai di kawasan kajian. | 125 |
| Rajah 4.9: | Peta pola saliran yang terdapat di kawasan kajian. | 126 |
| Rajah 4.10: | Peta tertib sungai di sekitar lembangan Sungai Kadamaian. | 129 |
| Rajah 4.11: | a. Peta faktor R dan P dalam kaedah RUSLE. | 130 |
| | b. Peta faktor LS dan K kaedah RUSLE. | 131 |
| | c. Peta faktor C dalam kaedah RUSLE. | 132 |
| Rajah 4.12: | Peta Potensi Risiko Hakisan Tanah (RPLSKC) di Kota Belud. | 132 |
| Rajah 4.13: | Potensi risiko hakisan tanah di kawasan penampungan sungai. | 134 |
| Rajah 4.14: | Rekod hujan harian dan peristiwa banjir bagi tahun sebelum Gempa Bumi Ranau 2015 (1996, 2008 dan 2014). | 136 |
| Rajah 4.15: | Rekod hujan harian dan peristiwa banjir bagi tahun selepas Gempa Bumi Ranau 2015 (2015, 2016, 2017 dan 2018). | 138 |
| Rajah 4.16: | Lokasi empat lubang gerudi dibuat untuk penyiasat tanah. | 139 |
| Rajah 5.1: | Lokasi stesen hidrologi yang berada di hulu kawasan kajian. | 144 |
| Rajah 5.2: | Purata luahan sungai setiap jam bagi Stesen Hidrologi Sungai Kadamaian dan Stesen Hidrologi Sungai Wariu. | 145 |
| Rajah 5.3: | Siri luahan tahunan maksimum (AMS) bagi Stesen Hidrologi Sungai Kadamaian dan Stesen Hidrologi Sungai Wariu. | 146 |
| Rajah 5.4: | Taburan Gumbel Menggunakan Formula Weibull untuk Stesen Sungai Kadamaian dan Stesen Sungai Wariu. | 149 |
| Rajah 5.5: | Graf Ujian Kolmogorov-Smirnov untuk mendapatkan nilai p bagi kedua-dua stesen hidrologi. | 150 |
| Rajah 5.6: | Taburan lokasi banjir di kawasan kajian. | 155 |
| Rajah 5.7: | Taburan lokasi banjir sebelum dan selepas kejadian gempa bumi. | 156 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Rajah 5.8: | Peta Taburan Hujan kawasan kajian. | 159 |
| Rajah 5.9: | Peta Ketumpatan Saliran kawasan kajian. | 160 |
| Rajah 5.10: | Peta Penampunan Saliran kawasan kajian. | 161 |
| Rajah 5.11: | Peta Ketinggian Topografi kawasan kajian. | 164 |
| Rajah 5.12: | Peta Indeks Kelembapan Topografi (TWI) kawasan kajian. | 165 |
| Rajah 5.13: | Peta Sudut Kecuraman Cerun kawasan kajian. | 166 |
| Rajah 5.14: | Peta Kelengkungan Cerun kawasan kajian. | 167 |
| Rajah 5.15: | Peta Litostratigrafi kawasan kajian. | 171 |
| Rajah 5.16: | Peta Siri Tanah kawasan kajian. | 172 |
| Rajah 5.17: | Peta Guna Tanah kawasan kajian. | 174 |
| Rajah 5.18: | a. Data hidrograf Sungai Kadamaian. | 178 |
| | b. Data hidrograf Sungai Wariu. | 179 |
| Rajah 5.19: | Data cerapan (garisan putus-putus) dan data simulasi (garisan) bagi Sungai Kadamaian yang telah ditentukan. | 180 |
| Rajah 5.20: | Data cerapan (garisan putus-putus) dan data simulasi (garisan) bagi Sungai Wariu yang telah ditentukan. | 180 |
| Rajah 5.21: | Pengesahan model HEC-RAS berdasarkan tahap banjir di beberapa lokasi sekitar kawasan kajian. | 181 |
| Rajah 5.22: | a. Peta kedalaman banjir tahun 2010. | 184 |
| | b. Peta kedalaman banjir tempoh ulangan 10 tahun. | 185 |
| | c. Peta kedalaman banjir tempoh ulangan 20 tahun. | 186 |
| | d. Peta kedalaman banjir tempoh ulangan 50 tahun. | 187 |
| | e. Peta kedalaman banjir tempoh ulangan 100 tahun. | 188 |
| Rajah 5.23: | Perbezaan kedalaman antara dua tempoh banjir berbeza. | 189 |
| Rajah 5.24: | Halaju banjir bagi tempoh ulangan 100 tahun. | 189 |
| Rajah 5.25: | Peta-peta tematik yang diterbitkan dari pemberat AHP. | 194 |
| Rajah 5.26: | Peta Kerentanan Banjir menggunakan model AHP. | 195 |
| Rajah 5.27: | Peta-peta tematik yang diterbitkan dari pemberat FR. | 198 |
| Rajah 5.28: | Peta Kerentanan Banjir menggunakan model FR. | 198 |
| Rajah 5.29: | Graf dan Nilai AUC bagi Peta Kerentanan Banjir model AHP. | 201 |
| Rajah 5.30: | Graf dan Nilai AUC bagi Peta Kerentanan Banjir model FR. | 201 |
| Rajah 5.31: | Peta Bahaya Banjir bagi kawasan Kota Belud, Sabah. | 206 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Rajah 5.32: | Graf dan Nilai AUC bagi Peta Bahaya Banjir yang dihasilkan. | 207 |
| Rajah 6.1: | Peta guna tanah kawasan kajian. | 216 |
| Rajah 6.2: | Taburan jenis bangunan yang ada di kawasan kajian. | 217 |
| Rajah 6.3: | Jenis jaringan jalan raya yang terdapat di kawasan kajian. | 219 |
| Rajah 6.4: | Peta ketumpatan bangunan hasil interpolasi jejak bangunan dalam unit km ² . | 220 |
| Rajah 6.5: | Peta ketumpatan bangunan bersama jalan raya. | 222 |
| Rajah 6.6: | Peta Indeks Kemudahterancaman Fizikal (Vf). | 230 |
| Rajah 6.7: | Peta Interpolasi Kemudahterancaman Fizikal (Vf). | 231 |
| Rajah 6.8: | Peta Indeks Kemudahterancaman Sosial (Vs). | 233 |
| Rajah 6.9: | Peta Interpolasi Kemudahterancaman Sosial (Vs). | 234 |
| Rajah 6.10: | Peta Indeks Kemudahterancaman Persekitaran (Ve). | 236 |
| Rajah 6.11: | Peta Interpolasi Kemudahterancaman Persekitaran (Ve). | 237 |
| Rajah 6.12: | Peta Indeks Kemudahterancaman Banjir (Vkeseluruhan). | 240 |
| Rajah 6.13: | Peta Interpolasi Kemudahterancaman Banjir (Vkeseluruhan). | 241 |
| Rajah 7.1: | Peta risiko banjir di kawasan Kota Belud, Sabah. | 254 |
| Rajah 7.2: | Kriteria risiko masyarakat bagi kejadian banjir di kawasan kajian. | 258 |

SENARAI FOTO

| | Halaman |
|--|---------|
| Foto 2.1: Banjir lumpur di daerah Kota Belud selepas kejadian gempa bumi. | 25 |
| Foto 2.2: Bahan runtuhan yang mengalir masuk ke saluran berhampiran. | 29 |
| Foto 2.3: Bahagian pertengahan Sg Kadamaian yang berlaku pelebaran. | 30 |
| Foto 2.4: Sebelum dan selepas kejadian gempa – foto kiri dapat lihat dasar sungai dengan jelas. | 31 |
| Foto 5.1: Unit selang lapis batu pasir dengan syal di kawasan kajian ($06^{\circ}19'5''$ U, $116^{\circ}24'17''$ T) Arah penggambaran 135° . | 169 |
| Foto 5.2: Singkapan batu ricih Formasi Waruu di Kg Melangkap, Kota Belud (6.166217 U, 116.4801 T) Arah penggambaran 128° . | 169 |
| Foto 5.3: Endapan aluvium Kuaternari di bahagian tebing sungai. ($06^{\circ}18'11''$ U, $116^{\circ}26'41''$ T) Arah penggambaran 114° . | 170 |



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI SINGKATAN

| | |
|--------------------|---|
| AHP | Proses Analitikal Berhierarki (<i>Analytical Hierarchy Processes</i>) |
| ARI | Tempoh Ulangan Banjir (<i>Annual Recurrence Interval</i>) |
| AUC | Keluasan di Bawah Keluk (<i>Area Under the Curve</i>) |
| BCT | Teknik Persempadanan Kelas (<i>Boundary Classes Techniques</i>) |
| CRED | Pusat Penyelidikan Epidemiologi Bencana |
| DEM | Model elevasi digital (<i>Digital Elevation Model</i>) |
| ECDF | Fungsi Taburan Empirikumulatif (<i>Empirical Cumulative Distribution Function</i>) |
| EU | Kesatuan Eropah (<i>European Union</i>) |
| EV jenis I | Nilai Ekstrem jenis I (<i>Extreme Value type I</i>) |
| US-FEMA | Agensi Pengurusan Kecemasan Persekutuan-Amerika (<i>United States-Federal Emergency Management Agency</i>) |
| FR | Nisbah Kekerapan (<i>Frequency Ratio</i>) |
| GEOSTAINT-K | Teknik Interpolasi Geostatistik-Kriging (<i>Geostatistical Interpolation Techniques-Krigging</i>) |
| GIS | Sistem Maklumat Geografi (<i>Geographic Information System</i>) |
| GPS | Sistem Kedudukan Global (<i>Global Positioning System</i>) |
| HEC-RAS | <i>Hydrologic Engineering Center's - River Analysis System</i> |
| IFM | Pengurusan Banjir Bersepadu (<i>Integrated Flood Management</i>) |

| | |
|----------------------|---|
| IFSAR | <i>Interferometric Synthetic Aperture Radar</i> |
| IRBM | Pengurusan Lembangan Sungai Bersepadu (<i>Integrated River Basin Management</i>) |
| IWRM | Pengurusan Sumber Air Bersepadu (<i>Integrated Water Resource Management</i>) |
| KDNK | Keluaran Dalam Negara Kasar (<i>Gross Domestic Product, GDP</i>) |
| Kg | Kampung |
| KS | Kolmogorov-Smirnov |
| MCE | Penilaian Multi Kriteria (<i>Multi Criteria Evaluation</i>) |
| MSMA | Manual Saliran Mesra Alam |
| NADMA | Agensi Pengurusan Bencana Negara (<i>National Disaster Management Agency</i>) |
| NAWABS | Sistem Imbangan Air Negara (<i>National Water Balance System</i>) |
| PBB | Program Pembangunan Bangsa-Bangsa Bersatu (<i>United Nations Development Program, UNDP</i>) |
| PKF | Peta Ketumpatan Fizikal |
| PISMA | Pelan Induk Saliran Mesra Alam |
| PRAB | Program Ramalan dan Amaran Banjir |
| R² | Pekali penentuan (<i>Coefficient of determination</i>) |
| SAIFON | Sistem Pemantauan Keselamatan dan Paras Air (<i>Security and Integrated Flood Operation Network</i>) |
| SPI | Indeks Kuasa Saliran (Stream Power Index) |
| TWI | Indeks Kelembapan Topografi (Topographic Wetness Index) |
| UNDP | United Nations Development Program (<i>Program Pembangunan Bangsa-Bangsa Bersatu, PBB</i>) |

| | |
|---------------|--|
| UNDRO | Pertubuhan Bantuan Bencana Bangsa-Bangsa Bersatu (<i>United Nations Disaster Relief Organization</i>) |
| UNDRR | Pejabat PBB untuk Pengurangan Risiko Bencana (<i>United Nations Office for Disaster Risk Reduction</i>) |
| UNISDR | Strategi Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu Antarabangsa bagi Pengurangan Bencana (<i>United Nations International Strategy for Disaster Reduction</i>) |
| USGS | <i>United State of Geological Survey</i> |
| V | Kemudahterancaman (<i>Vulnerability</i>) |
| Ve | Kemudahterancaman Persekitaran (<i>Environment Vulnerability</i>) |
| Vp | Kemudahterancaman Fizikal (<i>Physical Vulnerability</i>) |
| Vs | Kemudahterancaman Sosial (<i>Social Vulnerability</i>) |
| WHO | Pertubuhan Kesihatan Dunia (<i>World Health Organization</i>) |

SENARAI LAMPIRAN

| | Halaman |
|---|---------|
| Lampiran A: Terjemahan Terminologi dalam Kajian Pentaksiran Bahaya dan Risiko Banjir di Kota Belud | 298 |
| Lampiran B: Kompilasi Sebahagian dari Rekod Kejadian Banjir di Kawasan Kota Belud, Sabah | 303 |
| Lampiran C: Data Luahan Sungai Setiap Jam (Min, Maks dan Purata), Analisis Kekekapan Banjir & Data Hidrograf | 319 |
| Lampiran D: Pengiraan dan Hasil Analisis Pemodelan Banjir – Nisbah Kekekapan | 334 |
| Lampiran E: Pengiraan dan Hasil Analisis Pemodelan Banjir – AHP | 335 |
| Lampiran F: Borang Proforma Soal Selidik akan Persepsi (<i>perception</i>), Kesedaran (<i>awareness</i>), Kesiapsiagaan (<i>preparedness</i>) dan Tindakan (<i>action</i>) Masyarakat Setempat Terhadap Ancaman Banjir di Kawasan Kota Belud, Sabah | 338 |
| Lampiran G: Proforma Soal Selidik Kemudahterancaman Banjir Di Kawasan Kota Belud, Sabah | 341 |
| Lampiran H: Graf Taburan Hujan Sebelum dan Selepas Gempa Bumi 2015 | 344 |
| Lampiran I: Hasil Analisis Ujian Makmal Bagi Setiap Lubang Gerudi (Mekanik Tanah dan Batuan) | 347 |
| Lampiran J: Kaedah Pengelasan | 349 |
| Lampiran K: Perbezaan dan gabungan pendekatan secara kualitatif dan kuantitatif untuk pentaksiran risiko banjir. | 351 |

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Kejadian banjir merupakan suatu fenomena tabii yang sangat kompleks dan kejadiannya sering dikaitkan dengan perubahan iklim atau monsun (Vojtek & Vojteková, 2016). Laporan dari *World Bank's Global Subnational Atlas of Poverty and Global Monitoring Database*, menjangkakan sebanyak 1.47 bilion orang di seluruh dunia terdedah secara langsung kepada risiko banjir besar (World Bank, 2020). Kira-kira 2.2 bilion atau 29% dari populasi dunia, tinggal di lokasi yang berisiko tinggi mengalami kejadian banjir dalam tempoh ulangan banjir 1 dalam 100 tahun manakala 1.47 bilion atau 19% dari populasi dunia terdedah secara langsung kepada banjir yang mempunyai kedalaman melebihi 0.15 meter (Rentschler & Salhab, 2020). Selain itu, lebih separuh dari populasi yang terdedah kepada banjir ini mempunyai risiko yang tinggi dan mampu mengancam nyawa terutamanya bagi kanak-kanak dan orang kurang upaya. Risiko banjir adalah ancaman universal kerana 189 buah negara mengalaminya setiap tahun dan kebanyakan ancaman ini berlaku di kawasan benua Asia Selatan dan Asia Timur (Rentschler & Salhab, 2020).

Dari perspektif global pula, mengikut data statistik bencana dari pangkalan data Pusat Penyelidikan Epidemiologi Bencana (CRED) (UNDRR, 2020), bencana banjir telah menyumbang peratusan terbesar iaitu sebanyak 44% berbanding bencana-bencana lain dan mengalami peningkatan bilangan kejadian secara drastik dalam tempoh data 1980 -