

## Analisis Indeks Kemudahterancaman Banjir Secara Fizikal, Sosial dan Persekitaran di Kawasan Kota Belud, Sabah, Malaysia

(Analysis of Physical, Social and Environmental Flood Vulnerability Index in Kota Belud Area, Sabah, Malaysia)

KAMILIA SHARIR<sup>1,2</sup> & RODEANO ROSLEE<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Natural Disaster Research Centre (NDRC), Universiti Malaysia Sabah, 88400 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia  
<sup>2</sup>Faculty of Science & Natural Resources (FSSA), Universiti Malaysia Sabah, 88400 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia

Diserahkan: 28 April 2022/Diterima: 7 Jun 2023

### ABSTRAK

Banjir merupakan bahaya semula jadi yang boleh mengancam nyawa dan harta benda. Salah satu aspek penting dalam pentaksiran risiko banjir adalah kemudahterancaman. Kemudahterancaman ditakrifkan sebagai keupayaan sesuatu unsur berisiko untuk terancam akibat suatu fenomena berbahaya. Peningkatan kejadian banjir di kawasan ini semakin kerap terutamanya selepas kejadian Gempa Bumi Ranau 2015. Pemindahan penduduk mungkin satu faktor utama dalam menyelesaikan masalah banjir, namun hakikatnya penduduk enggan untuk berpindah dan bersedia untuk berhadapan dengan risiko bencana banjir. Justeru, memahami darjah kemudahterancaman unsur berisiko di kawasan ini amatlah penting untuk meminimumkan risiko banjir di kawasan ini. Objektif utama kajian ini adalah untuk mentaksir kemudahterancaman banjir di kawasan Kota Belud berdasarkan tiga parameter utama iaitu secara fizikal, sosial dan persekitaran. Kajian ini mengambil kira unsur berisiko yang terdedah kepada kemudahterancaman banjir seperti bangunan dan komuniti setempat. Kajian ini dijalankan secara rantau bagi menggambarkan keadaan keseluruhan kawasan kajian sebelum, semasa dan selepas kejadian banjir berlaku. Sebuah pangkalan data dihasilkan dengan mengambil kira integrasi antara parameter kemudahterancaman dan pengenalan unsur berisiko. Data ini kemudiannya dicerap di lapangan untuk pemberian nilai skala bagi setiap parameter kemudahterancaman seperti berikut: skala 0 (tiada kerosakan), 0.25 (kerosakan rendah), 0.5 (kerosakan sederhana), 0.75 (kerosakan tinggi) dan 1 (kerosakan total). Penetapan nilai skala ini dibuat untuk memastikan keseragaman dalam menilai sub-parameter kemudahterancaman banjir di kawasan kajian. Selepas pengiraan skala kemudahterancaman dibuat, peta hasil pengiraan parameter kemudahterancaman dijana menggunakan teknik interpolasi bertujuan untuk menentukan nilai kebarangkalian bagi lokasi yang mungkin tidak dapat dikenal pasti atau tidak mempunyai data. Ketiga-tiga parameter kemudahterancaman kemudiannya digabungkan menjadi peta kemudahterancaman banjir di kawasan ini. Hasil pengiraan skor kemudahterancaman keseluruhan ini, sebanyak 533 (3.51%) buah bangunan yang terdapat di kawasan kajian mempunyai nilai 0.00 - 0.20 iaitu dalam kategori sangat rendah, 3,092 (20.37%) buah bangunan mempunyai nilai 0.21 - 0.40 iaitu dalam kategori rendah, 9,561 (62.98%) buah bangunan mempunyai nilai 0.41 - 0.60 iaitu dalam kategori sederhana, 1,995 (13.14%) buah bangunan mempunyai nilai 0.61 - 0.80 iaitu dalam kategori tinggi dan tiada jumlah bangunan mempunyai nilai 0.81 - 1.00 iaitu dalam kategori sangat tinggi. Hal ini mungkin dikaitkan dengan sub-parameter kemudahterancaman sosial kerana tiada kecederaan atau kematian direkodkan sepanjang kejadian banjir yang berlaku di kawasan kajian terutamanya selepas kejadian Gempa Bumi Ranau 2015. Tahap kesedaran awam atau kesiapsiagaan penduduk dalam menghadapi banjir juga dilihat tinggi. Ini menunjukkan bahawa penduduk setempat sudah boleh mengadaptasikan diri mereka dengan keadaan banjir yang sering berlaku di kawasan ini sejak tahun 1960-an lagi. Namun begitu, tahap kemudahterancaman yang berada pada kelas tinggi harus diberi perhatian kerana ia boleh memberi kesan secara langsung kepada aktiviti sosio-ekonomi.

Kata kunci: Bahaya; banjir; kemudahterancaman; Kota Belud; unsur berisiko

### ABSTRACT

Floods are a natural danger that can threaten lives and property. One important aspect in flood risk assessment is vulnerability. Vulnerability is defined as the ability of a risk element to be threatened by a hazardous phenomenon. Floods are becoming more frequent in this area, especially after the Ranau Earthquake in 2015. Relocation of

residents may be a key factor in solving the flood problem, but the reality is that residents are unwilling to move and are prepared to face the risk of flood disasters. Therefore, understanding the degree of vulnerability of the elements at risk in this area is crucial to minimizing the risk of floods in this area. The main objective of this study was to assess flood vulnerability in the Kota Belud region based on three main parameters, namely physical, social, and environmental. This study considers risk elements that are exposed to flood vulnerability, such as buildings and local communities. The study is conducted regionally to depict the overall situation of the study area before, during, and after the occurrence of floods. A database is generated by integrating vulnerability parameters and identifying risk elements. These data are then surveyed in the field to assign a scale value for each vulnerability parameter as follows: scale 0 (no damage), 0.25 (low damage), 0.5 (moderate damage), 0.75 (high damage), and 1 (total damage). The scale values are assigned to ensure consistency in assessing flood vulnerability sub-parameters in the study area. After calculating the vulnerability scale, maps of vulnerability parameters are generated using interpolation techniques to determine the probability value for locations that may not be identifiable or have no data. The three vulnerability parameters are then combined into a flood vulnerability map in this area. The overall vulnerability score calculation shows that out of the 15,181 buildings located in the study area, 533 (3.51%) have a score ranging from 0.00 to 0.20, which is considered very low, 3,092 (20.37%) have a score ranging from 0.21 to 0.40, which is considered low, 9,561 (62.98%) have a score ranging from 0.41 to 0.60, which is considered moderate, 1,995 (13.14%) have a score ranging from 0.61 to 0.80, which is considered high, and no buildings have a score ranging from 0.81 to 1.00, which is considered very high. This may be related to the social vulnerability sub-parameter as no injuries or deaths were recorded during the floods in the study area, especially after the 2015 Ranau Earthquake. The level of public awareness or preparedness of the population in facing floods is also seen as high. This indicates that local residents are already able to adapt to the frequent floods that have occurred in this area since the 1960s. However, the high vulnerability level should be given attention as it can directly affect socio-economic activities.

Keywords: Element at risk; flood; hazard; Kota Belud; vulnerability

#### PENGENALAN

Istilah 'risiko' dalam kajian bencana banjir sangat kompleks dan telah ditakrifkan kepada beberapa istilah untuk menggambarkan konsep ini. Secara asasnya, terdapat tiga komponen utama dalam mentaksir risiko banjir iaitu: Bahaya, Kemudahterancaman dan Pendedahan (unsur berisiko) (UNDP 2019; UNDRR 2020; UNISDR 2017). Istilah 'Bahaya' merujuk kepada bencana alam yang berlaku secara rawak; 'Pendedahan' merujuk kepada manusia, infrastruktur, dan persekitaran yang berada dalam lingkungan banjir; manakala 'Kemudahterancaman' merujuk kepada kemungkinan sesuatu aset atau manusia mengalami kegagalan atau kecederaan (Cutter, 1996; Wu, Yarnal & Fisher 2002). Daripada istilah yang diterangkan, jelas menunjukkan bahawa komponen kemudahterancaman merupakan salah satu kriteria yang penting dalam menentukan penilaian risiko banjir. Kemudahterancaman didefinisikan sebagai darjah kerugian atau kerosakan bagi sesuatu unsur yang berisiko akibat berlakunya fenomena semula jadi (contoh: banjir, tanah runtuh, gempa bumi) yang bertindak balas pada suatu magnitud tertentu. Ia

ditentukan berdasarkan skala dari 0 (tiada kerosakan) hingga 1 (kerosakan total) (Indan et al. 2018; Roslee, Jamaludin & Simon 2017; van Westen 2016; Varnes 1984). Menurut UNISDR (2017), kemudahterancaman juga sering didefinisikan kepada suatu keadaan dan ciri-ciri sesebuah masyarakat, sistem atau aset yang terdedah kepada bahaya dan boleh mengakibatkan kesan buruk. Setiap unsur berisiko perlu dinilai tahap kemudahterancamannya supaya boleh dihubungkan dengan bahaya banjir di sesebuah kawasan.

Antara faktor yang menyebabkan komuniti mudah terancam kepada banjir ialah: pendedahan, kerentanan dan daya tahan (Balica, Douben & Wright 2009). Sesetengah orang dalam sesebuah komuniti bukan sahaja terdedah kepada bahaya secara faktor fizikal, seperti binaan bangunan yang tidak kukuh dan tidak mampu menampung bahaya banjir, tetapi mereka juga mungkin mengalami kerugian relatif yang lebih besar kerana perlu mengalami proses pemulihan yang lama selepas banjir berlaku (Mitchell 1999).

Peristiwa banjir besar Kota Belud 2017 merupakan tragedi banjir terburuk dalam sejarah Kota Belud sejak

tahun 1960. Aktiviti pembangunan yang pesat dan masalah kemerosotan kualiti alam sekitar serta impak bencana selepas kejadian Gempa Bumi Ranau 2015 telah memberi kesan yang drastik dalam kejadian banjir yang berlaku di kawasan ini kerana disusuli dengan kejadian bahaya yang lain seperti tanah runtuh, hakisan tanah dan aliran debris (Felix 2017; Yusoff et al. 2016). Kerajaan terpaksa menanggung kerugian ratusan juta ringgit untuk membaik pulih infrastruktur dan kemudahan yang telah musnah akibat bencana ini (Agensi Pengurusan Bencana Negara 2017). Walaupun pemindahan penduduk mungkin satu faktor utama dalam menyelesaikan masalah ini, namun hakikatnya penduduk enggan untuk berpindah dan bersedia untuk berhadapan dengan risiko bencana banjir. Justeru, memahami darjah kemudahterancaman unsur berisiko di kawasan ini amatlah penting untuk meminimalkan risiko banjir di kawasan ini.

Matlamat utama pentaksiran kemudahterancaman adalah untuk memahami bagaimana sesuatu unsur berisiko yang berada dalam satu sistem boleh terjejas akibat banjir. Sistem yang dimaksudkan di sini ialah kebarangkalian unsur berisiko terjejas akibat banjir contoh seperti binaan rumah dan jambatan yang mungkin musnah atau rosak, gangguan terhadap rantaian bekalan untuk kelangsungan perniagaan atau perkhidmatan serta komuniti yang terdedah mengalami kecederaan, kematian, kehilangan harta benda dan memberi kesan negatif terhadap kesihatan selepas kejadian banjir (World Bank 2016). Keadaan ini ditentukan oleh faktor fizikal, sosio-ekonomi, dan persekitaran atau proses yang meningkatkan kerentanan masyarakat terhadap kesan bahaya banjir di sesebuah kawasan. Oleh yang demikian, wajarlah sekiranya pentaksiran kemudahterancaman dibuat dengan mengambil kira tiga kategori kemudahterancaman iaitu fizikal, sosial dan persekitaran (Roslee & Jamaluddin 2012; UNDRR 2020; World Bank 2016). Objektif utama kajian ini adalah untuk mentaksir kemudahterancaman banjir di kawasan Kota Belud, Sabah, Malaysia berdasarkan tiga kategori iaitu fizikal, sosial dan persekitaran.

Peta bahaya banjir tidak mewakili peta risiko banjir kerana analisis risiko merangkumi kebarangkalian kesan satu atau lebih bahaya dengan mempertimbangkan kemudahterancaman dan ketahanan unsur yang berisiko. Sebagai contoh, peta bahaya banjir tidak menggambarkan kawasan dan mempunyai maklumat mengenai kemungkinan kerosakan pada sesuatu unsur berisiko seperti bangunan dan persekitaran. Oleh itu, memetakan tahap kemudahterancaman banjir

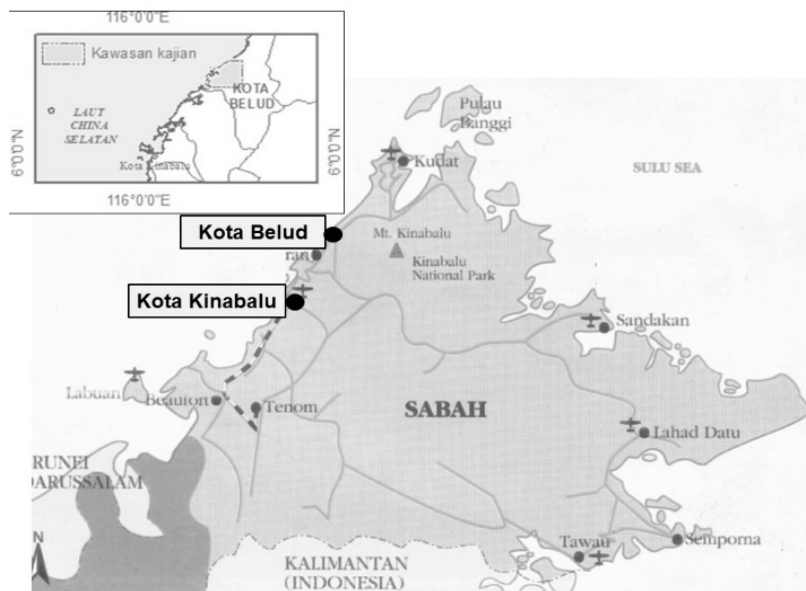
merupakan langkah yang paling penting dalam analisis pentaksiran kemudahterancaman kerana dinilai dari segi fizikal, sekitaran atau sosial (World Bank 2016). Ia dapat menggambarkan tahap kemudahterancaman unsur berisiko yang dikenal pasti berdasarkan lokasi dan melihat sama ada sesuatu unsur itu terdedah atau tidak kepada bahaya. Jika ia terdedah kepada sesuatu bahaya (seperti banjir), maka pentaksiran kemudahterancaman dapat menentukan darjah kemudaratan dan kerosakan tersebut kerana ia boleh menggugat penduduk di sesebuah kawasan dan infrastrukturnya. Kepakaran dalam pemetaan menggunakan aplikasi seperti Sistem Maklumat Geografi (GIS), penderiaan jauh dan Sistem Kedudukan Global (GPS) adalah kritikal. Meskipun begitu, dalam kajian risiko bencana, pentaksiran kemudahterancaman terutamanya banjir dan masih mendapat kurang perhatian berbanding dengan bencana alam yang lain (Changnon 2003).

#### KAWASAN KAJIAN

Kawasan kajian terletak sebahagian dalam daerah Kota Belud iaitu di bahagian pantai Barat Sabah yang menghadap Laut China Selatan. Kota Belud terletak 70 km dari Kota Kinabalu, iaitu ibu negeri Sabah. Keluasan daerah ini dianggarkan 1,385.6 kilometer persegi (km<sup>2</sup>) (Jabatan Pengairan dan Saliran Kota Belud 2011). Daerah ini mempunyai tiga lembangan sungai utama iaitu Lembangan Sungai Tempasuk berkeluasan 122 kilometer persegi (km<sup>2</sup>), Lembangan Sungai Kedamaian berkeluasan 445 kilometer persegi (km<sup>2</sup>) dan Lembangan Sungai Wariu berkeluasan 343 kilometer persegi (km<sup>2</sup>).

Kedudukan kawasan ini dibatasi dengan garis lintang (latitud) di antara 6°18'32.655"U dan 6°25'49.605"U manakala garis bujur (longitud) pula dibatasi antara 116°28'37.631"T dan 116°18'47.156"T. Rajah 1 menunjukkan peta kawasan kajian yang terletak dalam daerah Kota Belud. Kawasan kajian mempunyai keluasan sebesar 200 km<sup>2</sup>.

Aktiviti pembangunan yang pesat seperti pembukaan dan perluasan kawasan kediaman, komersial, perindustrian dan infrastruktur telah mendorong pertumbuhan dan transformasi sosio-ekonomi di kawasan ini. Masalah kemerosotan kualiti alam sekitar dan impak bencana terutamanya selepas kejadian Gempa Bumi Ranau 2015 telah memberi kesan yang drastik dalam kejadian banjir yang berlaku di kawasan ini (Ayog et al. 2017; Mariappan et al. 2019;



RAJAH 1. Peta kawasan kajian di Kota Belud, Sabah, Malaysia

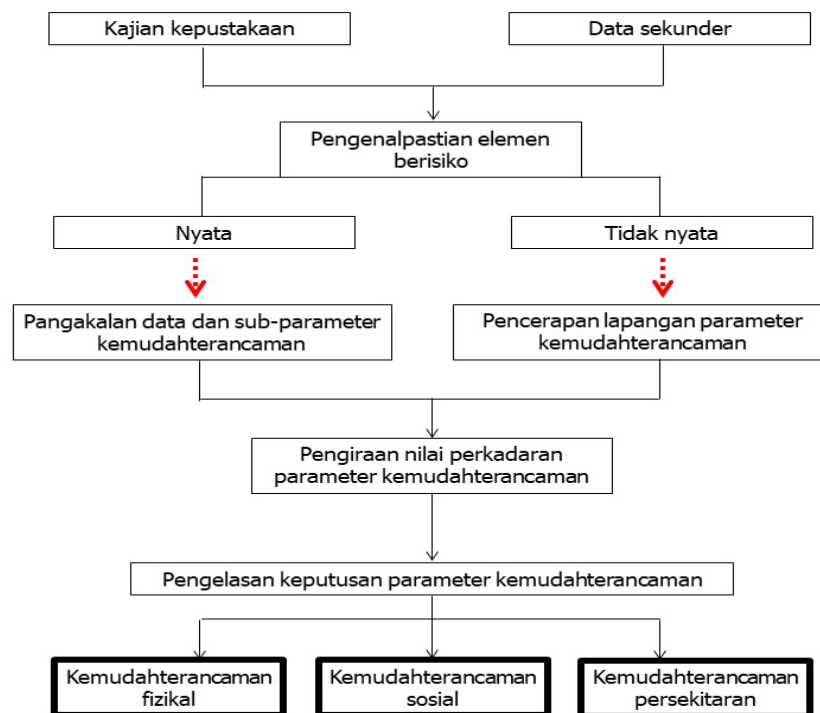
Nicole et al. 2018; Roslee, Jamaludin & Simon 2017a; 2017b; 2018; Roslee & Norhisham 2018; Roslee & Sharir 2019a; 2019b; Sharir et al. 2019).

#### BAHAN DAN KAEDAH

Melalui kajian kepustakaan yang dibuat, didapati bahawa tiada sebarang kesepakatan yang boleh dijadikan sebagai piawai dalam pendekatan menaksir kemudahterancaman terutamanya melibatkan kejadian banjir di Malaysia. Dalam kajian ini, komponen yang diambil kira dalam pentaksiran kemudahterancaman banjir merujuk kepada darjah bencana yang menggambarkan jumlah kerosakan/kecederaan/jangka masa yang berkaitan terhadap unsur berisiko yang telah dikenal pasti (Roslee & Jamaluddin 2012).

Kajian ini diadaptasi daripada rangka kerja kajian kemudahterancaman bahaya gelinciran tanah (Roslee & Jamaluddin 2012). Rangka kerja ini dipilih kerana ia mempunyai kriteria yang sama untuk dinilai. Antara kriteria yang dinilai dalam kajian kemudahterancaman ini ialah kesan fizikal, status sosial dan gangguan persekitaran. Kriteria ini dipilih kerana mudah untuk dicerap di lapangan, menggambarkan sejarah kejadian banjir di kawasan kajian dan berasaskan ketersediaan data sekunder yang ada. Rajah 2 menunjukkan carta alir kaedah yang digunakan untuk pentaksiran kemudahterancaman banjir.

Seperti yang dinyatakan sebelum ini, kajian ini diadaptasi daripada kajian kemudahterancaman gelinciran tanah (Roslee & Jamaluddin 2012) sebagai asas dalam pemilihan parameter dan sub-parameternya. Namun, terdapat beberapa sub-parameter yang telah ditukar ganti bagi mengikut kesesuaian kajian bencana banjir terutamanya untuk dipraktikkan di kawasan kajian. Satu borang proforma soal selidik kemudahterancaman banjir disediakan untuk cerapan lapangan bagi membina inventori kemudahterancaman banjir. Keterangan bagi setiap sub-parameter yang dinilai dalam borang proforma soal selidik kemudahterancaman banjir ditunjukkan dalam Jadual 2. Keterangan ini penting sebagai asas dalam pemberian nilai skala bagi setiap sub-parameter kemudahterancaman yang dicerap di lapangan. Berikut adalah parameter dan sub-parameter yang diambil kira dalam menilai kemudahterancaman bahaya banjir (Roslee & Jamaluddin 2012): (i) Kemudahterancaman Fizikal - Ketahanan persekitaran binaan terhadap banjir (contoh: struktur bangunan, kerosakan harta benda, kemudahan infrastruktur, kelengkapan dalaman, dan tindakan penstabilan), (ii) Kemudahterancaman Sosial - Gangguan kepada pelbagai aktiviti manusia dan impak ekonomi yang buruk (contoh: keselamatan, kesedaran awam, kecederaan, kematian, dan kehilangan tempat tinggal) dan Kemudahterancaman



RAJAH 2. Carta alir kaedah pentaksiran kemudahterancaman banjir

Sekitaran - Melibatkan penurunan nilai habitat semula jadi (contoh: operasi harian, masa terjejas dan kepelbagaian).

Kajian kemudahterancaman ini dijalankan secara rantau kerana ia lebih sesuai untuk menggambarkan keadaan keseluruhan kawasan kajian sebelum, semasa dan selepas kejadian banjir berlaku. Kajian ini mengambil kira unsur berisiko yang terdedah kepada kemudahterancaman banjir. Unsur berisiko yang dimaksudkan disini ialah seperti penduduk, harta benda, sekitaran tempat tinggal dan kemudahan infrastruktur yang mungkin terjejas akibat banjir.

Langkah pertama yang perlu dijalankan dalam menaksir kemudahterancaman bahaya banjir adalah dengan menjalankan kajian kepustakaan dan mengumpul maklumat berkenaan bahaya banjir melalui data sekunder yang diperoleh daripada agensi kerajaan. Hasil daripada gabungan maklumat ini, data unsur berisiko dapat diperoleh dan dikenal pasti. Dalam kajian ini, analisis dan pemetaan kemudahterancaman dibuat dengan memberi penekanan pada unsur berisiko secara nyata iaitu berdasarkan aspek fizikal seperti bangunan dan juga jalan raya. Integrasi antara parameter kemudahterancaman dan pengenalpastian unsur berisiko dapat menghasilkan sebuah pangkalan data.

Langkah selanjutnya adalah untuk menceraap data unsur berisiko di lapangan bagi setiap parameter kemudahterancaman. Data hasil cerapan lapangan kemudiannya dianalisis semula berdasarkan kepada kaedah pemiawaian yang diperkenalkan oleh Voogd (1983). Langkah ini dibuat bertujuan untuk menghasilkan nilai indeks bagi setiap parameter kemudahterancaman bahaya banjir melalui Pendekatan Transformasi Linear yang ringkas bermula dari nilai 0.00 hingga 1.00. Kaedah pengindeksan yang digunakan dalam mentaksir kemudahterancaman dinilai melalui skala 0 (tiada kerosakan), 0.25 (kerosakan rendah), 0.5 (kerosakan sederhana), 0.75 (kerosakan tinggi) dan 1 (kerosakan total). Penetapan nilai skala ini dibuat untuk memastikan keseragaman dalam menilai sub-parameter kemudahterancaman banjir di kawasan ini.

Berdasarkan formula yang ditunjukkan dalam Persamaan (1), nilai indeks bagi kemudahterancaman bahaya banjir akan diformulasikan semula seperti yang ditunjukkan dalam Persamaan (2), (3) dan (4) bagi ketiga-tiga parameter kemudahterancaman iaitu kemudahterancaman fizikal ( $K_f$ ), kemudahterancaman sosial ( $K_s$ ) dan kemudahterancaman persekitaran ( $K_p$ ).



JADUAL 2. Keterangan bagi setiap sub-parameter kemudahterancaman banjir yang dinilai (Adaptasi daripada Roslee dan Jamaluddin 2012)

Nilai indeks	Pengelasan kemudahterancaman	Keterangan bagi setiap ciri-ciri kemudahterancaman
< 0.21	Sangat rendah	<p><i>Kemudahterancaman fizikal (<math>V_f</math>):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-bangunan binaan sangat baik atau kukuh</li> <li>-mempunyai kelengkapan dalaman yang lengkap</li> <li>-tiada kerosakan pada harta benda ketika banjir</li> <li>-terdapat kemudahan infrastruktur yang lengkap</li> <li>-terdapat tindakan penstabilan</li> <li>-jalan raya tidak terjejas banjir</li> </ul> <p><i>Kemudahterancaman sosial (<math>V_s</math>):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-tidak melibatkan kecederaan atau kematian</li> <li>-tidak terdedah secara langsung dengan banjir</li> <li>-tidak melibatkan kehilangan tempat tinggal</li> <li>-kesiapsiagaan menghadapi bencana yang sangat rendah</li> </ul> <p><i>Kemudahterancaman persekitaran (<math>V_e</math>):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-tidak melibatkan tempoh masa baik pulih</li> <li>-operasi harian &lt;1 hari</li> <li>-persekitaran kawasan tinggi atau berbukit</li> </ul>
0.21 – 0.40	Rendah	<p><i>Kemudahterancaman fizikal (<math>V_f</math>):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-bangunan binaan baik atau kukuh</li> <li>-mempunyai kelengkapan dalaman sederhana lengkap</li> <li>-terdapat sedikit kerosakan pada harta benda ketika banjir yang tidak melibatkan kos pengantian</li> <li>-terdapat kemudahan infrastruktur yang memuaskan</li> <li>-tindakan penstabilan memuaskan</li> <li>-jalan raya dinaiki air namun kenderaan ringgan masih boleh melaluinya</li> </ul> <p><i>Kemudahterancaman sosial (<math>V_s</math>):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-tidak melibatkan kecederaan atau kematian</li> <li>-tidak terdedah secara langsung dengan banjir tetapi masih berpotensi untuk terdedah pada banjir besar</li> <li>-tidak melibatkan kehilangan tempat tinggal walaupun rumah dinaiki air</li> <li>-kesiapsiagaan menghadapi bencana yang rendah</li> </ul> <p><i>Kemudahterancaman persekitaran (<math>V_e</math>):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-tempoh masa baik pulih &lt;1 hari</li> <li>-beroperasi pada hari cuti atau mingguan</li> <li>-persekitaran kawasan tinggi dan sukar dinaiki air</li> </ul>
0.41 – 0.60	Sederhana	<p><i>Kemudahterancaman fizikal (<math>V_f</math>):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-bangunan binaan campuran kayu dan batu</li> <li>-mempunyai kelengkapan dalaman asas</li> <li>-terdapat kerosakan pada harta benda ketika banjir namun boleh ditukar ganti</li> <li>-terdapat kemudahan infrastruktur asas</li> <li>-tindakan penstabilan tidak diselenggara dengan baik</li> <li>-jalan raya dinaiki air namun kenderaan ringgan tidak boleh melaluinya</li> </ul> <p><i>Kemudahterancaman sosial (<math>V_s</math>):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-tidak melibatkan kecederaan atau kematian</li> <li>-terdedah secara langsung dengan banjir</li> <li>-tidak melibatkan kehilangan tempat tinggal namun perlu dipindahkan ke pusat pemindahan sementara sekiranya banjir berlaku</li> <li>-kesiapsiagaan menghadapi bencana pada tahap berjaga-jaga</li> </ul> <p><i>Kemudahterancaman persekitaran (<math>V_e</math>):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-tempoh masa baik pulih 1-4 minggu</li> <li>-beroperasi secara bulanan</li> <li>-persekitaran kawasan rendah dan berada dalam dataran banjir</li> </ul>

		<p><i>Kemudahterancaman fizikal (V<sub>f</sub>):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-bangunan binaan buruk campuran kayu dan batu</li> <li>-kelengkapan dalaman sekadar mencukupi</li> <li>-terdapat kerosakan pada harta benda ketika banjir dan memerlukan kos yang tinggi untuk mengantikannya</li> <li>-tidak mempunyai kemudahan infrastruktur asas</li> <li>-tindakan penstabilan tidak memuaskan atau buruk</li> <li>-jalan raya dinaiki air dan berbahaya dilalui oleh semua jenis kenderaan komersial</li> </ul>
0.61 – 0.80	Tinggi	<p><i>Kemudahterancaman sosial (V<sub>s</sub>):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-tidak melibatkan kecederaan atau kematian</li> <li>-terdedah secara langsung dengan banjir terutamanya ketika hujan berterusan selama beberapa jam</li> <li>-kehilangan tempat tinggal dan perlu dipindahkan ke pusat pemindahan sementara sekiranya banjir berlaku</li> <li>-kesiapsiagaan menghadapi bencana pada tahap waspada</li> </ul> <p><i>Kemudahterancaman persekitaran (V<sub>p</sub>):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-tempoh masa baik pulih berbulan-bulan</li> <li>-beroperasi secara selama-lamanya</li> <li>-persekitaran kawasan berdekatan sungai dan didataran banjir</li> </ul>
> 0.80	Sangat tinggi	<p><i>Kemudahterancaman fizikal (V<sub>f</sub>):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-bangunan binaan buruk dan tidak kukuh</li> <li>-tidak mempunyai kelengkapan dalaman</li> <li>-kerosakan teruk dan tidak boleh diganti</li> <li>-tidak mempunyai kemudahan infrastruktur</li> <li>-tiada tindakan penstabilan</li> <li>-jalan raya tidak boleh dihubungi</li> </ul> <p><i>Kemudahterancaman sosial (V<sub>s</sub>):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-melibatkan kecederaan atau kematian</li> <li>-kawasan yang tidak selamat dan mudah dinaiki air ketika hujan lebat</li> <li>-kehilangan tempat tinggal secara keseluruhan</li> <li>-kesiapsiagaan menghadapi bencana pada tahap bahaya</li> </ul> <p><i>Kemudahterancaman persekitaran (V<sub>p</sub>):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-tidak dapat dibaik pulih</li> <li>-beroperasi secara selama-lamanya</li> <li>-persekitaran kawasan berdekatan sungai</li> </ul>

Formula asal yang diperkenalkan oleh Roslee dan Jamaluddin (2012) dihitung dengan memberi pemberat kepada setiap sub-parameter yang dinilai. Namun untuk kajian kemudahterancaman banjir, formula ini diubah suai semula daripada formula asal kerana setiap sub-parameter mempunyai pemberat yang sama rata.

$$\text{Nilai piawai} = \frac{\text{angka data mentah}}{\text{angka data mentah maksima}}$$

dengan af : Berkaitan dengan struktur bangunan; bf : Berkaitan dengan kelengkapan dalaman;

$$K. \text{fizikal} (Kf) = \frac{(af) + (bf) + (cf) + (df) + (ef)}{5}$$

cf : Berkaitan dengan kerosakan harta benda; df : Berkaitan dengan kemudahan infrastruktur; dan ef : Berkaitan dengan tindakan penstabilan

$$K. \text{sosial} (Ks) = \frac{(as) + (bs) + (cs) + (ds)}{5}$$

dengan as : Berkaitan dengan kecederaan/kematian; bs : Berkaitan dengan keselamatan; cs : Berkaitan dengan kehilangan tempat tinggal; dan ds : Berkaitan dengan kesedaran awam

$$K. \text{persekitaran} (Kp) = \frac{(ap) + (bp) + (cp)}{3}$$

dengan ap : Berkaitan dengan tempoh masa pembaikpulihan; bp : Berkaitan dengan operasi harian; dan cp : Berkaitan dengan kepelbagaian atau kepelbagaian persekitaran.

Langkah seterusnya adalah mencari nilai purata bagi menghitung indeks keseluruhan kemudahterancaman bahaya banjir berdasarkan Persamaan berikut

*Indeks keseluruhan kemudahterancaman (K)*

$$= \frac{(Kf) + (Ks) + (Kp)}{3}$$

Akhir sekali, jumlah nilai indeks purata bagi ketiga-tiga jenis kemudahterancaman fizikal, sosial dan persekitaran yang diperolehi akan dikelaskan kepada lima kelas darjah kemudahterancaman, iaitu: i) kelas 1 (< 0.20) (kemudahterancaman sangat rendah), ii) kelas 2 (0.21-0.40) (kemudahterancaman rendah), iii) kelas 3 (0.41- 0.60) (kemudahterancaman sederhana), iv) kelas 4 (0.61- 0.80) (kemudahterancaman tinggi) dan v) kelas 5 (> 0.81) (kemudahterancaman sangat tinggi).

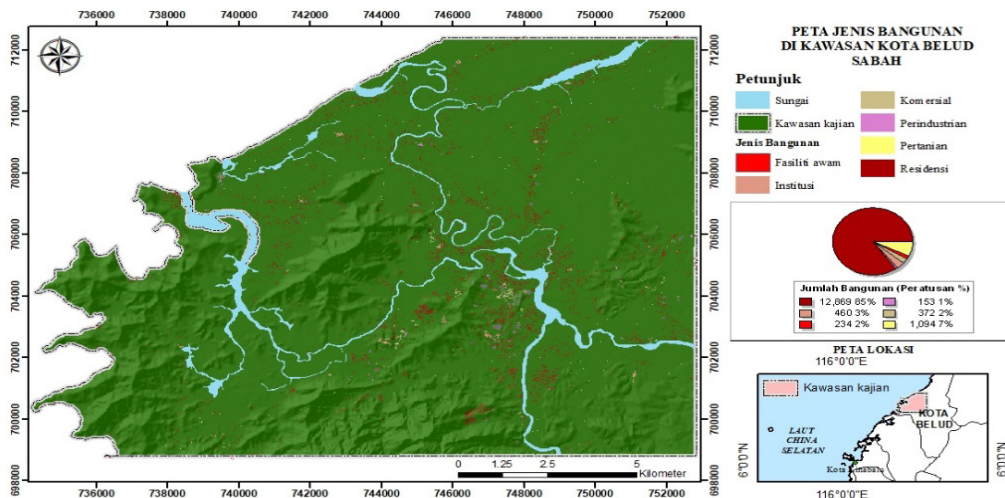
Selepas pengiraan indeks skala kemudahterancaman dibuat, peta hasil pengiraan parameter kemudahterancaman dijana menggunakan Teknik Interpolasi Geostatistik-Kriging (GEOSTAINT-K) yang diperkenalkan oleh Roslee, Jamaluddin dan Talip (2012). Interpolasi merupakan kaedah untuk menentukan nilai yang berbeza antara pemboleh ubah dengan membandingkannya dengan merujuk kepada nilai data yang terdekat dan dihitung bagi menggambarkan kemudahterancaman keseluruhan kawasan kajian (Igor 2016). Kaedah interpolasi

digunakan dalam kajian ini bertujuan untuk menentukan nilai kebarangkalian bagi lokasi yang mungkin tidak dapat dikenal pasti atau tidak mempunyai data. Peta interpolasi yang dihasilkan pula telah ditetapkan nilai resolusi ruang kepada 5 m × 5 m untuk keseragaman dan ketepatan analisis peta seterusnya seperti analisis peta risiko banjir. Teknik ini dihasilkan dalam perisian ArcGIS. Akhir sekali, peta pentaksiran kemudahterancaman banjir di kawasan Kota Belud, Sabah, dihasilkan dengan menggabungkan hasil peta kemudahterancaman fizikal (Kf), Sosial (Ks), dan persekitaran (Kp).

HASIL DAN PERBINCANGAN

Tujuan pentaksiran kemudahterancaman ini dibuat untuk melihat 'keupayaan sesuatu unsur untuk cedera' akibat kesan daripada sesuatu bahaya. Kajian ini dibuat dengan memberi tumpuan kepada bangunan dan juga jalan raya yang terdapat di kawasan kajian. Sebanyak 15,182 data bangunan telah didigitkan melalui imej *google earth* yang terkini dan telah dicerap melalui proses tinjauan lapangan untuk pemberian nilai indeks bagi setiap sub-parameter kemudahterancaman terutamanya di kawasan yang sering kali terjejas akibat banjir.

Daripada keseluruhan jumlah data kemudahterancaman yang direkodkan dalam analisis ini, peratusan yang terbesar diwakili oleh jenis bangunan residensi iaitu sebanyak 85%, diikuti dengan pertanian sebanyak 7%, institusi 3%, komersial dan fasiliti awam masing-masing 2% dan akhir sekali perindustrian 1% (Rajah 3). Setiap jenis bangunan ini akan dinilai dengan parameter dan sub-parameter kemudahterancaman iaitu kemudahterancaman fizikal, sosial dan persekitaran.



RAJAH 3. Peta jenis bangunan yang terdapat di kawasan kajian



### *Pentaksiran Kemudahterancaman Fizikal ( $K_f$ )*

Parameter kemudahterancaman fizikal dinilai berdasarkan sub-parameternya iaitu struktur bangunan, kelengkapan dalaman, kerosakan harta benda ketika berlakunya banjir, kemudahan infrastruktur di sekitar bangunan, tindakan penstabilan yang diambil di sekeliling kawasan bangunan dan keadaan jalan raya ketika banjir berlaku. Sub-parameter ini dinilai berdasarkan keadaan sebelum, semasa dan selepas kejadian banjir di kawasan kajian.

Data jumlah bangunan bagi kemudahterancaman fizikal ini diproses melalui kaedah analisis interpolasi menggunakan teknik kriging untuk mendapatkan gambaran kemudahterancaman fizikal bagi keseluruhan kawasan kajian. Hasil daripada proses ini menunjukkan sebanyak 0.24% (~0.48 km persegi) daripada kawasan kajian mempunyai nilai 0.00 - 0.20 dalam kategori sangat rendah, 40.84% (~80.46 km persegi) kawasan mempunyai nilai 0.21 - 0.40 dalam kategori rendah, 55.33% (~109 km persegi) kawasan mempunyai nilai 0.41 - 0.60 dalam kategori sederhana, 3.56% (~7.03 km persegi) kawasan mempunyai nilai 0.61 - 0.80 dalam kategori tinggi dan 0.02% (~0.03 km persegi) kawasan mempunyai nilai 0.81 - 1.00 dalam kategori sangat tinggi (Rajah 4).

### *Pentaksiran Kemudahterancaman Sosial ( $K_s$ )*

Parameter kemudahterancaman sosial dinilai berdasarkan sub-parameternya iaitu kecederaan dan kematian, keselamatan ketika berlakunya kejadian

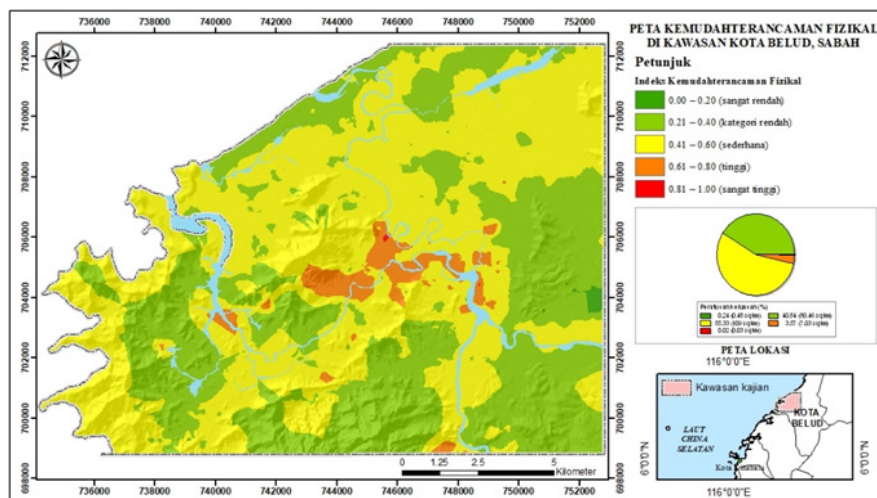
banjir, kehilangan tempat tinggal akibat banjir dan kesedaran awam mengenai bahaya banjir. Sub-parameter ini dinilai berdasarkan keadaan sebelum, semasa dan selepas kejadian banjir di kawasan kajian.

Data jumlah bangunan bagi kemudahterancaman sosial ini diproses melalui kaedah analisis interpolasi untuk mendapatkan gambaran kemudahterancaman sosial bagi keseluruhan kawasan kajian. Hasil daripada proses ini menunjukkan sebanyak 33.5% (~66 km persegi) dari kawasan kajian mempunyai nilai 0.00 - 0.20 dalam kategori sangat rendah, 56.17% (~110.66 km persegi) kawasan mempunyai nilai 0.21 - 0.40 dalam kategori rendah, 7.86% (~15.48 km persegi) kawasan mempunyai nilai 0.41 - 0.60 dalam kategori sederhana, 2.47% (~4.86 km persegi) kawasan mempunyai nilai 0.61 - 0.80 dalam kategori tinggi dan 0% kawasan mempunyai nilai 0.81 - 1.00 dalam kategori sangat tinggi (Rajah 5).

### *Pentaksiran Kemudahterancaman Persekitaran ( $K_p$ )*

Parameter kemudahterancaman persekitaran dinilai berdasarkan sub-parameternya iaitu tempoh masa pembaikpulihan selepas kejadian banjir, operasi harian dan kepelbagaian yang terdedah kepada banjir. Sub-parameter ini dinilai berdasarkan keadaan sebelum, semasa dan selepas kejadian banjir di kawasan kajian.

Data jumlah bangunan bagi kemudahterancaman persekitaran ini diproses melalui kaedah analisis interpolasi untuk mendapatkan gambaran kemudahterancaman persekitaran bagi keseluruhan kawasan kajian. Dari Hasil daripada proses ini

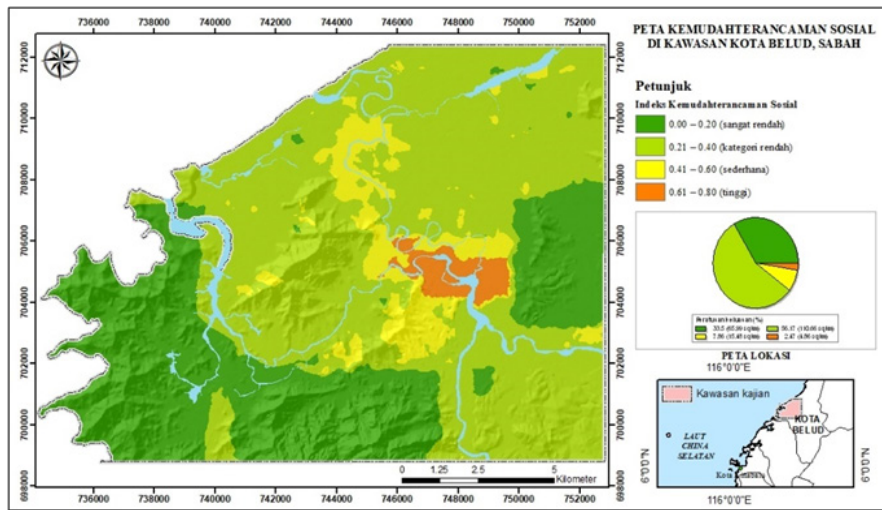


RAJAH 4. Peta interpolasi kemudahterancaman fizikal ( $K_f$ )

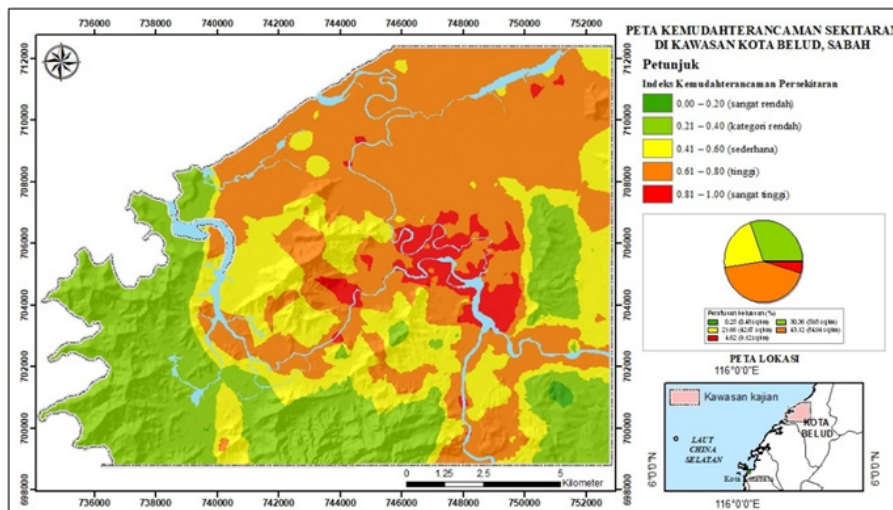
menunjukkan sebanyak 0.24% (~0.48 km persegi) dari kawasan kajian mempunyai nilai 0.00 - 0.20 dalam kategori sangat rendah, 30.36% (~59.8 km persegi) kawasan mempunyai nilai 0.21 - 0.40 dalam kategori rendah, 21.66% (~42.67 km persegi) kawasan mempunyai nilai 0.41 - 0.60 dalam kategori sederhana, 43.12% (~84.94 km persegi) kawasan mempunyai nilai 0.61 - 0.80 dalam kategori tinggi dan 4.62% (~9.11 km persegi) kawasan mempunyai nilai 0.81 - 1.00 dalam kategori sangat tinggi (Rajah 6).

*Pentaksiran Kemudahterancaman Banjir ( $K_{total}$ )*

Pentaksiran kemudahterancaman banjir secara keseluruhan dihasilkan dengan menggabungkan ketiga-tiga parameter iaitu kemudahterancaman fizikal, kemudahterancaman sosial dan kemudahterancaman persekitaran dengan mengambil kira nilai purata. Jadual 2 menunjukkan rumusan nilai indeks yang diperoleh melalui hasil analisis kesemua parameter kemudahterancaman banjir.



RAJAH 5. Peta interpolasi kemudahterancaman sosial (Ks)

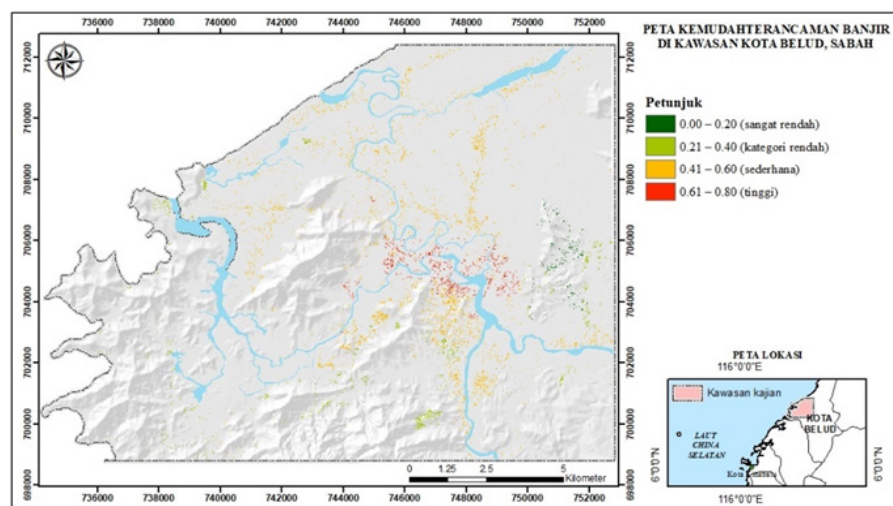


RAJAH 6. Peta interpolasi kemudahterancaman persekitaran (Kp)

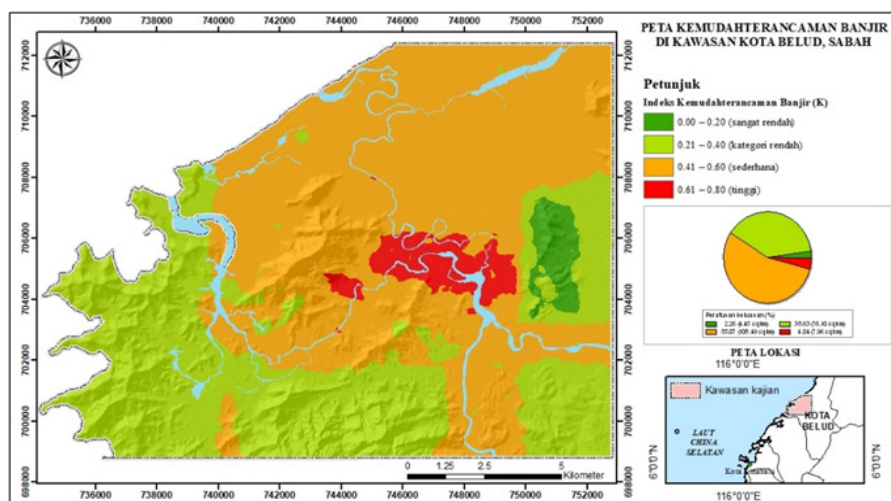
Hasil pengiraan indeks skala kemudahterancaman keseluruhan, menunjukkan bahawa sebanyak 533 (3.51%) buah bangunan yang terdapat di kawasan kajian mempunyai nilai 0.00 - 0.20 iaitu dalam kategori sangat rendah, 3,092 (20.37%) buah bangunan mempunyai nilai 0.21 - 0.40 iaitu dalam kategori rendah, 9,561 (62.98%) buah bangunan mempunyai nilai 0.41 - 0.60 iaitu dalam kategori sederhana, 1,995 (13.14%) buah bangunan mempunyai nilai 0.61 - 0.80 iaitu dalam kategori tinggi dan tiada jumlah bangunan mempunyai nilai 0.81 - 1.00 iaitu dalam kategori sangat tinggi (Rajah 7).

Data jumlah bangunan bagi kemudahterancaman keseluruhan ini diproses melalui kaedah analisis

interpolasi menggunakan teknik kriging untuk mendapatkan gambaran kemudahterancaman secara rantau bagi keseluruhan kawasan kajian. Hasil daripada proses ini menunjukkan sebanyak 2.26% (~4.45 km persegi) dari kawasan kajian mempunyai nilai 0.00 - 0.20 dalam kategori sangat rendah, 38.63% (~76.1 km persegi) kawasan mempunyai nilai 0.21 - 0.40 dalam kategori rendah, 55.07% (~108.49 km persegi) kawasan mempunyai nilai 0.41 - 0.60 dalam kategori sederhana, 4.04% (~7.96 km persegi) kawasan mempunyai nilai 0.61 - 0.80 dalam kategori tinggi dan tiada kawasan mempunyai nilai 0.81 - 1.00 dalam kategori sangat tinggi (Rajah 8).



RAJAH 7. Peta lokasi aspek fizikal kemudahterancaman banjir di kawasan Kota Belud



RAJAH 8. Peta interpolasi kemudahterancaman banjir di kawasan Kota Belud

JADUAL 2. Indeks kemudahterancaman banjir di kawasan Kota Belud

Kemudahterancaman	Kelas	Indeks skala	Peratusan jumlah bangunan (%)	Jumlah bangunan	Peratusan data interpolasi (%)	Keluasan (km <sup>2</sup> )
Fizikal (K <sub>f</sub> )	Sangat rendah	0.00 - 0.20	0.19	29	0.24	0.48
	Rendah	0.21 - 0.40	23.51	3569	40.84	80.46
	Sederhana	0.41 - 0.60	66.54	10102	55.33	109.00
	Tinggi	0.61 - 0.80	9.49	1441	3.57	7.03
	Sangat tinggi	0.81 - 1.00	0.27	41	0.02	0.03
Sosial (K <sub>s</sub> )	Sangat rendah	0.00 - 0.20	20.99	3187	33.50	66.00
	Rendah	0.21 - 0.40	47.10	7151	56.17	110.66
	Sederhana	0.41 - 0.60	21.08	3201	7.86	15.48
	Tinggi	0.61 - 0.80	10.82	1643	2.47	4.86
	Sangat tinggi	0.81 - 1.00	0.00	0	0.00	0.00
Persekitaran (K <sub>p</sub> )	Sangat rendah	0.00 - 0.20	0.75	114	0.24	0.48
	Rendah	0.21 - 0.40	17.49	2655	30.36	59.80
	Sederhana	0.41 - 0.60	27.77	4215	21.66	42.67
	Tinggi	0.61 - 0.80	42.40	6437	43.12	84.94
	Sangat tinggi	0.81 - 1.00	11.60	1761	4.62	9.11
Kemudahterancaman keseluruhan (K <sub>total</sub> )	Sangat rendah	0.00 - 0.20	3.51	533	2.26	4.45
	Rendah	0.21 - 0.40	20.37	3092	38.63	76.10
	Sederhana	0.41 - 0.60	62.98	9561	55.07	108.49
	Tinggi	0.61 - 0.80	13.14	1995	4.04	7.96
	Sangat tinggi	0.81 - 1.00	0.00	0	0.00	0.00

Jadual 3 menunjukkan rumusan ciri kemudahterancaman banjir di kawasan Kota Belud, Sabah. Peta pentaksiran kemudahterancaman banjir di kawasan ini menunjukkan bahawa nilai tertinggi

yang dijana pada kelas tinggi iaitu 0.61 - 0.80. Tiada data dijana melebihi dari nilai indeks itu iaitu kelas kemudahterancaman sangat tinggi. Hal ini mungkin dikaitkan dengan sub-parameter kemudahterancaman

JADUAL 3. Rumusan ciri-ciri kemudahterancaman banjir di kawasan Kota Belud, Sabah

Kelas	Ciri kemudahterancaman banjir di kawasan Kota Belud
Sangat rendah (0.00-0.20)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penduduk dan harta benda tidak berupaya untuk terjejas akibat banjir</li> <li>2. Terletak di kawasan tanah tinggi</li> <li>3. Struktur binaan bangunan yang baik dan tiada tindakan mitigasi kerana berada di kawasan tinggi</li> <li>4. Tidak mengalami sebarang kerosakan harta benda akibat banjir</li> </ol>
Rendah (0.21-0.40)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penduduk dan harta benda kurang terjejas akibat banjir</li> <li>2. Kawasan landai tetapi bukan berada di kawasan dataran banjir dan jauh dari sungai</li> <li>3. Struktur binaan bangunan yang baik dan terdapat tindakan mitigasi</li> <li>4. Tidak mengalami sebarang kerosakan harta benda akibat banjir</li> </ol>
Sederhana (0.41-0.60)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kebarangkalian terancam banjir adalah sebanyak 50% sekiranya banjir besar berlaku</li> <li>2. Berada di kawasan dataran banjir</li> <li>3. Struktur binaan bangunan yang tiada tindakan mitigasi</li> <li>4. Tidak mengalami sebarang kerosakan harta benda akibat banjir</li> </ol>
Tinggi (0.61-0.80)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penduduk dan harta benda sering kali terjejas akibat banjir</li> <li>2. Terletak berhampiran sungai terutamanya di bahagian pertembungan antara beberapa sungai utama (Sungai Kadamaian, Sungai Wariu, Sungai Gurong-gurong dan Sungai Tempasuk)</li> <li>3. Struktur binaan bangunan yang tidak bagus</li> <li>4. Mengalami kerosakan harta benda akibat banjir</li> </ol>
Sangat tinggi (0.80-1.00)	-

sosial kerana tiada kecederaan atau kematian direkodkan sepanjang kejadian banjir yang berlaku di kawasan kajian ini terutamanya selepas kejadian Gempa Bumi Ranau 2015. Tahap kesedaran awam atau kesiapsiagaan penduduk dalam menghadapi banjir juga dilihat tinggi. Ini menunjukkan bahawa penduduk setempat sudah boleh mengadaptasikan diri mereka dengan keadaan banjir yang sering berlaku di kawasan ini sejak tahun 1960-an lagi.

Namun begitu, tahap kemudahterancaman yang berada pada kelas tinggi harus diberi perhatian khusus kerana ia tertumpu di kawasan tengah peta iaitu pekan Kota Belud. Kawasan ini sering menjadi tumpuan penduduk untuk melakukan urusan harian. Lebih membimbangkan, di kawasan ini juga terletaknya

pertembungan antara empat batang sungai seperti yang dinyatakan sebelum ini. Menurut Roslee, Madri dan Zikiri (2020), kemudahterancaman yang berada dalam kelas 'tinggi' dan 'sangat tinggi' boleh memberi kesan secara langsung kepada aktiviti sosio-ekonomi.

#### KESIMPULAN

Kajian ini mentaksir kemudahterancaman banjir di kawasan Kota Belud, Sabah dengan menggunakan kaedah semi-kuantitatif. Pemberian indeks skala bagi setiap parameter kemudahterancaman dibuat ke atas setiap unsur berisiko hasil cerapan lapangan. Bagi kawasan yang tiada data, kaedah interpolasi digunakan untuk menggambarkan kemudahterancaman keseluruhan



kawasan kajian. Hasil kajian menunjukkan bahawa kawasan ini tidak mempunyai kelas kemudahterancaman yang sangat tinggi (0.81-1.00) berikutan tiada kemalangan jiwa atau kecederaan yang dilaporkan akibat bencana ini. Ini juga menunjukkan bahawa tahap kesedaran awam dalam kalangan komuniti di sini sangat tinggi dalam menghadapi bahaya banjir. Oleh itu, kesedaran dan kesiapsiagaan dalam menghadapi banjir adalah langkah terbaik dalam menangani masalah banjir dalam kalangan penduduk di sini. Begitu juga dengan risiko banjir dapat diatasi dengan mengurangkan kemudahterancaman terhadap unsur berisiko. Pendekatan yang digunakan dalam kajian ini sesuai sebagai dijadikan panduan dalam perancangan pembangunan akan datang serta kajian ini berpotensi untuk diperluaskan ke kawasan yang berkerentanan tinggi untuk banjir dengan lingkungan latar belakang yang berbeza.

#### PENGHARGAAN

Terima kasih diucapkan kepada Pusat Kajian Bencana Alam (NDRC) dan Fakulti Sains dan Sumber Alam (FSSA), Universiti Malaysia Sabah (UMS) atas kemudahan dan bantuan dana yang diberikan bagi membiayai dan menanggung segala kos kajian ini di bawah geran penyelidikan (SDK0012-2017 dan GUG0303-2/2018).

#### RUJUKAN

- Ayog, J.L., Tongkul, F., Mirasa, A.K., Roslee, R. & Dullah, S. 2017. Flood risk assessment on selected critical infrastructure in Kota Marudu Town, Sabah, Malaysia. *MATEC Web of Conferences* 103: 04019(1)-04019(9).
- Agensi Pengurusan Bencana Negara. 2017. *Data Bencana Banjir Kota Belud dari 2015 hingga 2017*.
- Balica, S.F., Douben, N. & Wright, N.G. 2009. Flood vulnerability indices at varying spatial scales. *Water Sci. Technol.* 60(10): 2571-2580.
- Changnon, S.D. 2003. Measures of economic impacts of weather extremes. *Bulletin of the American Meteorological Society* 83: 1231-1235.
- Cutter, S.L. 1996. *Vulnerability to Environmental Hazards*. Progress in Human Geography.
- Felix, T. 2017. Banjir Kota Belud kesan gempa 2015. *Berita Harian*. <https://www.bharian.com.my/berita/kes/2017/10/340100/banjir-kota-belud-kesan-gempa-2015>
- Igor, V.F. 2016. *Digital Terrain Modeling: A Brief Historical Overview*. 10.1016/B978-0-12-804632-6.00001-8.
- Indan, E., Roslee, R., Tongkul, F. & Simon, N. 2018. Earthquake vulnerability assessment (EVAS): Analysis of environmental vulnerability and social vulnerability in Ranau area, Sabah, Malaysia. *Geological Behavior (GBR)* 2(1): 24-28.
- Jabatan Pengairan dan Saliran Kota Belud. 2011. *Profail Daerah Kota Belud*. Jabatan Pengairan dan Saliran Kota Belud.
- Mariappan, S., Roslee, R. & Sharir, K. 2019. Flood Susceptibility Analysis (FSAn) Using Multi-Criteria Evaluation (MCE) Technique for Landuse Planning: A Case from Penampang, Sabah, Malaysia. *Journal of Physics: Conference Series* 1358(2019): 012067.
- Mitchell, J. 1999. *Crucibles of Hazard: Megacities and Disasters in Transition*. United Nations University Press.
- Nicole L.S.L., Bolong, N., Roslee, R., Tongkul, F., Mirasa, A.K. & Ayog, J.L. 2018. Flood Vulnerability Index for Critical Infrastructure towards Flood Risk Management. *ASM Sci. J. Special Issue* 2018(3) for SANREM (Environmental Management) 11: 134-146.
- Roslee, R. & Jamaluddin, T.A. 2012. Kemudahterancaman bencana gelinciran tanah (LHV): Sorotan literatur dan cadangan pendekatan baru untuk pengurusan risiko gelinciran tanah di Malaysia. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia* 58: 75-88.
- Roslee, R., Madri, A.N. & Zikiri, M.F. 2020. Landslide Vulnerability Assesment (Lvas) in Luyang Area, Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia. *Environment & Ecosystem Science* 4(2): 100-104.
- Roslee, R., Bidin, K., Musta, B. & Tahir, S. 2017b. Intergration of GIS in Estimation of Soil Erosion Rate at Kota Kinabalu area, Sabah, Malaysia. *Advanced Science Letters* 23(2): 1352-1356.
- Roslee, R., Tongkul, F., Mariappan, S. & Simon, N. 2018. Flood Hazard Analysis (FHAn) Using Multi-Criteria Evaluation (MCE) in Penampang Area, Sabah, Malaysia. *ASM Sci. J. Special Issue* 2018(3) for SANREM (Environmental Management) 11: 104-122.
- Roslee, R. & Norhisham, M.N. 2018. Flood Susceptibility Analysis using Multi-Criteria Evaluation Model: A Case Study in Kota Kinabalu, Sabah. *ASM Sci. J. Special Issue* 2018(3) for SANREM (Environmental Management) 11: 123-133.
- Roslee, R. & Sharir, K. 2019a. Integration of GIS-Based RUSLE Model for Land Planning and Environmental Management in Ranau Area, Sabah, Malaysia. *ASM Sc. J. Special Issue* 3, 2019 for ICST2018 12: 60 – 69.
- Roslee, R. & Sharir, K. 2019b. Soil Erosion Analysis using RUSLE Model at the Minitod Area, Penampang, Sabah, Malaysia. *Journal of Physics: Conference Series* 1358(2019): 012066.
- Roslee, R., Jamaludin, T.A. & Simon, N. 2017. Landslide Vulnerability Assessment (LVAs): A case study from Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia. *Indonesian Journal on Geoscience* 4(1): 49-59.
- Roslee, R., Jamaluddin, T.A. & Talip, M.A. 2012. Intergration of GIS Using GEOSTatistical INTERpolation Techniques (Kriging) (GEOSTAINT-K) in deterministic models for Landslide Susceptibility Analysis (LSA) at Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia. *Journal of Geography and Geology* 4(1): 18-32.

- Sharir, K., Roslee, R. & Mariappan, S. 2019. Flood Susceptibility Analysis (FSA) using Analytical Hierarchy Process (AHP) Model at the Kg. Kolopis area, Penampang, Sabah, Malaysia. *Journal of Physics: Conference Series* 1358(2019): 012065.
- UNDP. 2019. *Disaster Risk Assessment*. <https://www.undp.org/>. Diakses pada 2 Februari 2021.
- UNDRR. 2020. *The Human Cost of Disasters: An Overview of the Last 20 years (2000-2019)*. <https://www.undrr.org/>. Diakses pada 2 Februari 2021.
- UNISDR. 2011. *Hyogo Framework for Action 2011-2015 Mid-Term Review 2010-2011*. <https://www.undrr.org/>. Diakses pada 2 Februari 2021.
- UNISDR. 2017. *National Disaster Risk Management Plan*. In *International Strategy for Disaster Reduction (ISDR)*. <https://www.undrr.org/>. Diakses pada 2 Februari 2021.
- van Westen, C.J. 2016. Characterization of assets - Elements at Risk. *Caribbean Handbook on Risk Information Management*. <http://www.charim.net/>
- Varnes, D.J. 1984. *Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles & Practice*. UNESCO.
- World Bank. 2016. *Methods in Flood Hazard and Risk Management*. [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org) Diakses pada 2 Februari 2021.
- Wu, S.Y., Yarnal, B. & Fisher, A. 2002. Vulnerability of coastal communities to sea-level rise: A case study of Cape May county. *Climate Research* 22(3): 255-270.
- Yusoff, H.H.M., Razak, K.A., Yuen, F., Harun, A., Talib, J., Mohamad, Z., Ramli, Z. & Razab, R.A. 2016. Mapping of post-event earthquake induced landslides in Sg. Mesilou using LiDAR. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 37(1).

\*Pengarang untuk surat-menyurat; email: rodeano@ums.edu.my