

# KESAN GEMPA BUMI RANAU TAHUN 2015 TERHADAP RISIKO BANJIR DI KOTA BELUD MENGGUNAKAN GIS

(THE EFFECT OF THE 2015 RANAU EARTHQUAKE TOWARDS FLOOD RISK IN KOTA BELUD USING GIS)

EDMUND, W.<sup>1</sup> – EBOY, O. V.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> *Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Malaysia Sabah, Sabah, Malaysia.*

*\*Corresponding author  
e-mail: oliver[at]ums.edu.my*

(Received 04<sup>th</sup> February 2024; accepted 10<sup>th</sup> April 2024)

**Abstrak.** Pada tahun 5 Jun 2015, Sabah digemparkan dengan kejadian gempa bumi sekutu 5.9 skala richter yang menyebabkan sebilangan nyawa terkorban dan hartabenda. Fenomena ini juga menyebabkan perubahan fizikal muka bumi yang mengakibatkan frekuensi banjir di Kota Belud semakin meningkat. Kesan daripada frekuensi banjir ini memberi kesan kepada sosio-ekonomi penduduk di daerah tersebut dari aspek pendapatan, perniagaan, trauma, infrastruktur perhubungan terjejas dan juga tempat tinggal penduduk itu sendiri yang menjadi mangsa kepada banjir ini. Kajian ini bertujuan untuk mengenalpasti impak frekuensi banjir ini kepada penduduk di daerah Kota Belud dengan mengedarkan borang soal selidik di samping melawat kawasan kampung yang selalu terjejas dengan banjir. Secara keseluruhan Analisis data adalah menggunakan kaedah Spatial Analysis (Arcgis) untuk mengesan kampung yang mempunyai kesan sosio-ekonomi dan hasil analisis soal selidik akan digunakan untuk menyokong dapatan analisis GIS. Kertas ini dapat disimpulkan bahawa terdapat hubungan antara kejadian frekuensi banjir dan implikasinya kepada penduduk kampung-kampung di Kota Belud berkait rapat. Situasi ini akan dapat memberi gambaran yang lebih luas walaupun impak sosio ekonomi penduduk ini tidak dapat dilihat secara mata kasar dari pelbagai pihak.

**Katakunci:** *Kota Belud, banjir, sosio-ekonomi, GIS, sungai*

**Abstract.** On 5 June 2015, Sabah was rocked by an earthquake with a magnitude of 5.9 on the Richter scale, which caused a number of lives and property to be lost. This phenomenon also causes physical changes to the earth's surface, resulting in an increasing frequency of floods in Kota Belud. The impact of the frequency of these floods has an impact on the socio-economics of the residents in the district from the aspects of income, business, trauma, communication infrastructure is affected and also the residence of the residents themselves who are victims of these floods. This study aims to identify the impact of the flood frequency on the residents of Kota Belud district by distributing questionnaires in addition to visiting the village areas that are always affected by floods. Overall, the data analysis is using the Spatial Analysis (Arcgis) method to detect villages that have socio-economic effects and the results of the questionnaire analysis will be used to support the findings of the GIS analysis. This paper can be concluded that there is a relationship between the occurrence of flood frequency and its implications for the residents of the villages in Kota Belud. This situation will be able to give a broader picture even though the socio-economic impact of this population cannot be seen with the naked eye from various parties.

**Keywords:** *Kota Belud, flood, socio-economic, GIS, river*

## Pengenalan

Manusia sering mencari rezeki mereka di lokasi menyatukan peluang untuk terus hidup dan mengambil risiko berbahaya. Pendedahan kepada peluang hidup dan bahaya ini tidak sama di setiap lokasi. Orang miskin cenderung tinggal di kawasan yang terdedah kepada bahaya, selalunya di luar bandar kerana mereka tidak mempunyai

kelebihan dari segi kewangan atau sumber untuk tinggal di tempat lain. Ini menjadikan mereka lebih terdedah kepada bencana alam (De Silva dan Kawasaki, 2018). Di kawasan sungai juga merupakan satu tempat yang mana ramai penduduk luar bandar tinggal disitu. Ini kerana sungai sangat kaya dengan sumber dan mempunyai potensi yang pelbagai samada dari segi makanan, pengangkutan atau pelancongan (Valentine Eboy dan Chan Kim Lian, 2021). Walaubagaimanapun, penempatan berdekatan dengan sungai biasanya terdedah dengan masalah banjir (Gerut dan Eboy, 2023). Hujahan ini biasanya berlaku kepada penduduk kampung yang berada di sekitar daerah Kota Belud yang mana menjadi dilema penduduk kampung ini ketika hujan turun dengan lebat. Sekiranya hujan lebat yang tidak berhenti-henti akan petanda buruk buat mereka kerana apa yang dihadapi oleh penduduk selepas ini ialah banjir.

Peristiwa banjir besar Kota Belud tahun 2017 merupakan tragedi banjir yang sangat teruk 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 tahun 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. Kerajaan terpaksa menanggung kerugian ratusan juta ringgit untuk membaik pulih infrastruktur dan kemudahan yang telah musnah akibat bencana ini. 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 (Sharir dan Roslee, 2023). Definisi asas banjir ialah apabila tanah yang berada di atas paras air akan dinaiki air untuk tempoh satu atau dua jam dan berlaku ketidakseimbangan antara isipadu air dan had kapasiti sungai untuk mengalirkan air dalam satu masa. Apabila sungai tidak dapat menampung isi padu air berkenaan maka paras air akan meningkat dan melimpah di atas tebing dan mewujudkan kawasan dataran banjir atau lebih dikenali sebagai flood plain (Montz dan Tobin, 2012).

Sifat banjir sebagai pemusnah ini dijana melalui tenaga besar air yang bergerak dengan melalui pemendapan kotoran dan serpihan tersadai di kawasan paras tanah setelah air banjir surut. Tenaga kinetik yang bergabung dengan air yang bergerak lebih laju daripada biasa yang mana sebahagiannya didorong oleh peningkatan jumlah air di hulu dan kadar kecerunan yang menghasilkan tekanan yang berupaya mengubah kelajuan aliran air. Selalunya potensi kerosakan banjir diterukkan oleh serpihan yang dibawa oleh air pokok, kenderaan, batu, atau infrastruktur bangunan yang mana memberikan impak kepada manusia yang tinggal di sekitar kawasan banjir berisiko tinggi (Doswell, 2003). Ancaman banjir ini lebih hebat daripada bencana alam yang mana memberi impak negative kepada keadaan populasi dan keadaan kewangan (Pandey et al., 2023). Hujah yang sama juga diutarakan oleh Balasubramanian (2016) yang mana banjir mempunyai potensi kerosakan yang paling besar jika dibandingkan dengan bencana alam yang lain dan bencana ini memberikan impak kepada aspek sosial dan ekonomi manusia. Kekekapan atau frekuensi banjir yang sering terjadi di Kota Belud ini secara tidak langsung memberi kesan kepada sosio ekonomi penduduk di sekitar daerah ini. Menurut Sarsani (2011), terma status 'sosio-ekonomi' merujuk kepada kedudukan seseorang individu di dalam kalangan masyarakat yang ditentukan oleh kekayaan, pekerjaan dan kelas sosial dan diukur daripada seorang individu atau kelompok yang berada di dalam sebuah komuniti berkenaan. Ini juga berkait rapat dengan pendapatan, perkerjaan, pencapaian pendidikan dan kekayaan sama ada dalam bentuk individu atau kelompok sosioekonomi vulnerability.

Jika dilihat dari perspektif lain, penduduk kampung di Kota Belud dapat dilihat majoriti penduduk dapat dikelaskan sebagai penduduk luar bandar. Daerah luar bandar mempunyai beberapa ciri penting yang secara amnya berbeza daripadanya lebih banyak komuniti bandar. Ini menimbulkan banyak pengaruh kepada keupayaan penduduk luar bandar untuk menyesuaikan diri dengan perubahan. Penduduk luar bandar cenderung lebih miskin daripada penduduk yang mendiami di bandar dan pengangguran selalunya lebih tinggi. Pada masa yang sama juga, penduduk luar bandar juga selalunya lebih bergantung kepada pekerjaan berkaitan sumber asli dan pendapatan dan lebih berkait rapat dengan ekosistem untuk rekreasi makanan dan kebudayaan (EcoAdapt Web Portal, 2024). Kebergantungan penduduk kampung di Kota Belud ini sangat-sangat berkait rapat dengan sumber sedia ada yang mana aspek sosio ekonomi penduduk di kawasan ini sangat-sangat sensitif dengan perubahan di sekitar mereka. Justeru, memahami kesan frekuensi banjir yang berlaku disebabkan gempa bumi pada 2015 kepada penduduk kampung di sekitar daerah Kota Belud ini kawasan ini amatlah penting untuk membuka mata dan perhatian pelbagai pihak.

Peta bahaya banjir bukan sekadar mewakili peta risiko banjir kerana analisis risiko merangkumi kebarangkalian kesan satu atau lebih bahaya dengan mempertimbangkan sosioekonomi dan ketahanan unsur yang berisiko (Sharir dan Roslee, 2023). 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 kesan banjir terhadap sosio ekonomi merupakan langkah yang paling penting dalam analisis dan mengetahui status sebenar sosio ekonomi penduduk di Kota Belud. Earth Observation System (EOS) atau lebih dikenali sebagai Penderiaan Jarak Jauh (Remote Sensing) dan GIS dapat membantu golongan profesional dan juga pengkaji dalam mengkaji bencana alam sekitar pada ketepatan tinggi dan juga menghasilkan data jitu. Dengan teknologi ini memudahkan manusia untuk mengakses data yang seragam pada waktu yang singkat yang mana membantu analisis bencana alam yang berlaku (Krishnamoorthi, 2016). Justeru itu, fenomena banjir ini dapat diklasifikasikan bahawa bencana alam ini bukan merupakan satu hal yang remeh yang dipandang sebelah mata. Kesan negatif yang ditinggalkan oleh bencana ini menyebabkan sosial dan ekonomi manusia signifikannya terjejas.

### ***Kajian literatur***

Definisi mudah bagi mentakrifkan sungai merupakan sistem yang sangat kompleks dengan kewujudan proses perairan mengalir yang mengalirkan permukaan tanah tertentu. Ciri sungai dalam keseluruhan sistem lembangan dapat dikelaskan kepada beberapa ciri-ciri. Ciri-ciri tersebut merupakan rangkuman ukuran, bentuk dan ciri geologi lembangan dan keadaan iklim yang menentukan jumlah air yang akan disalurkan oleh jaringan sungai (Chapman, 2021). Banjir pula ditakrifkan sebagai pendedahan lokasi titik tertentu, kawasan atau sebagai kawasan kepada kuantiti air yang sangat tinggi yang mana mengakibatkan kawasan berkenaan ditenggelami air pada tempoh masa sementara atau kekal. Risiko pula dikenali sebagai kemungkinan bahaya yang dikenal pasti boleh menyebabkan kemudaratan kepada orang, harta benda atau alam sekitar akibat pendedahan kepada kelemahan atau bahaya. Walaupun banjir boleh berlaku di mana-mana, risiko yang ditimbulkannya berbeza-beza mengikut masa dan lokasi. Perubahan dalam masa menunjukkan bahawa kemungkinan banjir di lokasi tertentu berbeza mengikut masa. Sebagai contoh, risiko banjir bandar lima puluh tahun yang lalu mungkin tidak sama hari ini dan berkemungkinan telah berubah disebabkan

oleh salah satu atau semua perkara iaitu variasi iklim, pola guna tanah berhampiran dengan takungan basin atau keputusan perancangan bandar pada masa lalu (He et al., 2013). Kejadian banjir dan juga sungai amat berkait rapat dalam mewujudkan risiko dan kesan banjir.

Hasil penelitian kajian daripada Sharir dan Roslee (2023) berpendapatan bahawa kesan banjir menunjukkan bahawa kawasan di Kota Belud tidak mempunyai kelas kemudahterancaman yang sangat tinggi berikutan tiada kemalangan jiwa atau kecederaan yang dilaporkan akibat bencana ini. Situasi ini terjadi kerana 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. Dalam kajian ini menggambarkan bahawa kemudahterancaman penduduk di Kota Belud tidak begitu tinggi kerana pengalaman penduduk di sini untuk berhadapan dengan ancaman banjir telah mewujudkan kesedaran dan kesiapsiagaan penduduk dari dulu lagi. Kajian mereka ini juga telah menggunakan semi-kuantitatif dan berpaksikan aplikasi GIS sebagai metodologi mereka.

Dalam konteks klimatologi, hujan juga merupakan salah satu faktor yang menyumbang kepada proses kejadian banjir. Menurut kajian daripada Kadir et al. (2016) telah merumuskan bahawa jumlah hujan tahunan yang tinggi pada tahun 2006 dan 2007 telah menyebabkan kejadian banjir besar berlaku di semenanjung Malaysia. Hasil analisis GIS mendapati bahawa kedua-dua tahun ini dilihat mempunyai kumulatif hujan tahunan melebihi 2500 (mm) dan kawasan taburan yang lebih luas berbanding tahun-tahun yang lain. Doswell (2003) juga mengutarakan pandangan yang sama yang mana faktor apabila threshold hujan yang tinggi pada satu masa menghasilkan meningkatkan proses kebarangkalian banjir apabila purata hujan tahunan bagi sesuatu kawasan meningkat. Kajian daripada Liyana et al. (2016) juga menyatakan hujan lebat menyebabkan air ke sungai sehingga paras air akan melimpahi tebing dan membanjiri landskap sekitar. Walaupun banjir adalah fenomena semula jadi kerana hujan yang lebat, aktiviti pembangunan yang tidak terkawal di kawasan tadahan air di sepanjang dataran banjir sungai juga memainkan peranan dalam meningkatkan kesan negatif banjir. Boleh disimpulkan bahawa hujan merupakan faktor kejadian banjir. Proses kejadian hujan merupakan satu komponen dalam kitaran hidrologi, yang mana bermula daripada proses penyejatan (evaporation), transpirasi (transpiration), pemeluwapan (condensation), kerpasan (precipitation), evapotranspirasi (evapotranspiration), larian permukaan (surface runoff), penyusupan (infiltration), aliran air bawah tanah (groundwater baseflow), submisi (sublimation) dan diakhiri oleh proses pemintasan (interception) (Balasubramanian dan Nagaraju, 1994).

Menurut Balasubramanian dan Nagaraju (1994) juga, proses permulaan bagi kitaran hidrologi ini bermula dengan proses penyejatan (evaporation) yang mana merupakan proses cecair berubah menjadi gas melalui penukaran tenaga haba. Air disejat dari pelbagai badan air di sekitar Bumi seperti lautan, sungai, dan tasik. Penyejatan adalah sumber utama bagi sebahagian besar kelembapan di atmosfera. Air menyerap tenaga haba dari matahari dan seterusnya bertukar menjadi wap. Proses kedua merupakan proses penguapan (condensation) di mana air di tumbuh-tumbuhan melalui akar-akar di dalam tumbuhan ke liang-liang di bahagian bawah daun. Air ini kemudiannya akan mengalami proses penguapan daripada tumbuhan sebagai wap air. Kerpasan adalah proses di mana air dilepaskan dari awan dalam bentuk hujan, salji, hujan ais. Proses ini mewujudkan penghantaran air dari atmosfera kembali ke Bumi. Jumlah hujan yang

turun berbeza dari kawasan ke kawasan. Bagi mewujudkan hujan, air mesti melekat pada zarah garam, zarah debu, atau objek lain yang dapat bertindak sebagai inti sebagai titisan air. Titisan kemudian akan berlanggar dengan titisan yang lain dan apabila titisan mempunyai kecepatan yang cukup untuk mengatasi aliran awan, titisan akan jatuh sebagai hujan (UCAR, 2023).

Pemintasan pula adalah proses menahan air oleh daun tumbuh-tumbuhan. Sebilangan kecil hujan dipintas oleh tumbuh-tumbuhan manakala terdapat juga air yang sampai ke tanah yang di sebagai aliran batang (stemflow). Apabila hujan turun ke daratan hutan, sebilangan besarnya dipintas oleh kanopi dan menguap kembali ke atmosfera. Air ini tidak berperanan dalam bahagian daratan kitaran hidrologi dan dipanggil sebagai kehilangan pemintasan kanopi (canopy interception loss). Penyusupan adalah pergerakan ke bawah air hujan dan salji yang mencair dalam bentuk cecair diserap pada permukaan tanah. Pergerakan ke bawah air berlaku di lapisan tanah atas, terutama melalui ruang pori yang lebih kecil yang terdapat di tanah. Penyusupan dipengaruhi oleh dua jenis tindakan iaitu tindakan graviti dan juga tindakan kapilari. Pori-pori yang lebih kecil menawarkan daya tahan yang lebih besar terhadap graviti, pori-pori yang sangat kecil mampu menarik air melalui tindakan kapilari dan berupaya melawan daya graviti (Balasubramanian dan Nagaraju, 1994).

Menurut Wei et al. (2023), larian permukaan air atau surface runoff adalah apabila terdapat sebahagian kerpasan yang jatuh di kawasan yang mempunyai kadar amaun discharge yang tinggi dari kawasan tersebut di kawasan tadahan. Aliran air bawah tanah merupakan proses di mana air yang meresap daripada proses kerpasan seperti hujan ke permukaan tanah turun ke akuifer (storan air bawah tanah) disimpan di dalam akuifer atau dapat mengalir keluar dari akuifer dan ke badan air permukaan seperti sungai, sungai, dan tasik. Pergerakan yang terdapat dalam proses aliran air bawah tanah ini mewujudkan aliran discaj tanpa adanya input tambahan yang disebabkan oleh proses kerpasan dan merupakan hubungan penting antara permukaan tanah dan permukaan air (Easton, 2020). Proses sublimasi adalah fasa penukaran jirim pepejal kepada berbentuk gas tanpa melalui proses cecair. sublimasi hanya boleh terjadi di tempat-tempat bersuhu sejuk dan berais dan biasanya berlaku di kawasan tanah tinggi dan juga jauh dari khatulistiwa. Dalam definisi kitaran hidrologi, sublimasi merupakan pertukaran salji atau ais kepada sejatan air. Proses ini juga menyebabkan ais atau salji tersebut tidak perlu cair kepada bentuk membentuk air (Water Science School, 2022). Kajian Liyana et al. (2016) mengatakan faktor fizikal sungai juga memainkan peranan penting dalam kejadian banjir. Ketinggian cerun menyebabkan proses hakisan dan pemendapan berinteraksi dengan hidraulik saluran. Dalam hujah ini menyatakan bahawa pemendapan yang berlaku daripada proses hakisan telah menyebabkan daya tampung kapasiti sungai dan juga kadar tampung discaj (discharge) untuk mengalirkan semakin berkurangan. Proses hakisan ini merupakan agen pengangkutan (transportation agent) yang mana membawa sedimen halus dan kasar seperti pasir, kelikir dan batuan daripada kawasan hulu menuju ke hilir sungai.

Dapat disimpulkan bahawa antara faktor yang menyumbangkan kepada kejadian banjir merupakan kadar taburan penerimaan kerpasan (hujan) di sesebuah kawasan untuk banjir. Dalam masa yang sama juga selain aspek iklim, keadaan muka bumi atau dasar sungai juga memainkan peranan yang penting dalam pembentukan proses kejadian banjir di mana pemendapan sidment berlebihan terutama di bahagian tengah dan hilir sungai telah menyebabkan kadar luahan air discaj air sungai menjadi penghalang kepada sungai untuk mengalirkan air dengan lebih efisien. Situasi ini

seterusnya menyebabkan air yang tidak dapat dialirkan melimpah ke kawasan yang rendah. Risiko banjir juga seharusnya menjadi perhatian pelbagai pihak untuk kesiapsiagaan menghadapi banjir yang lebih teruk pada masa hadapan dapat diatasi pada masa yang singkat.

### ***Kawasan kajian***

Kota Belud ialah sebuah daerah di negeri Sabah, Malaysia. Ia terletak di pantai barat laut pulau Borneo dan terkenal dengan keindahan pemandangan dan kepentingan budayanya. Daripada pemandangan lanskap kepada kepelbagaian budaya menjadikan salah satu tarikan pelancong di Kota Belud. Kawasan kajian terletak pada keseluruhan 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. Batas kajian ini hanya merangkumi keluasan daerah. Dianggarkan daerah Kota Belud mempunyai keluasan 1,385.6 kilometer persegi (km<sup>2</sup>) dan kehadiran 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. Sebahagian besar kawasan kajian merupakan kawasan lapang dan juga hutan yang belum diterokai, kawasan guna tanah majoriti digunakan untuk tujuan pertanian dan juga kawasan pembangunan penduduk. 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 (Sharir dan Roslee, 2023). *Rajah 1* berikut merupakan peta kawasan kajian yang dijalankan.



*Rajah 1. Peta Daerah Kota Belud.*

### **Instrumen dan Metod Kajian**

Dalam kajian ini, data yang dikutip secara majoritinya berbentuk kuantitatif. Tujuan utama penyelidikan ini dilakukan adalah untuk mengukur situasi hipotesis. Ini biasanya dijalankan oleh pengkaji yang dilengkapi dengan teknik analisis kuantitatif sama ada secara manual ataupun dengan bantuan komputer. Kebanyakannya, pendekatan kuantitatif kepada fenomena memerlukan dua kelebihan penting. Pertamanya yang dengan membolehkan pengkaji mengkategorikan, merumuskan, dan menggambarkan pemerhatian secara sistematik. Kesemua mekanisme dan teknik ini dipanggil statistik deskriptif. Kedua, ia juga membolehkan seseorang penyelidik memahami dan membuat kesimpulan sesuatu fenomena (sampel) yang dikaji dalam kumpulan yang dikenal pasti

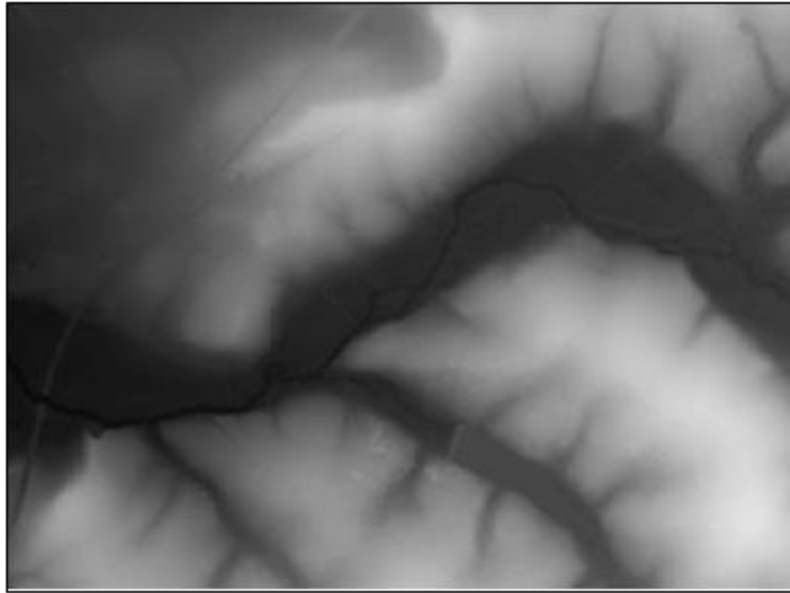
dan sempit. Sampel sentiasa diambil secara sistematik daripada kumpulan yang lebih besar dengan cara yang kesimpulan yang diperolehi boleh digeneralisasikan kepada keseluruhan populasi (Ali, 2021). Sistem maklumat boleh berfungsi sebagai mata dan telinga kepada proses perancangan dan pemantauan pembangunan. Ia memperuntukkan pemantauan dan pengawasan pematuhan kepada peraturan perancangan dan ia berfungsi sebagai sistem amaran awal berkenaan dengan punca geseran, ketidakseimbangan, kekurangan dan kegagalan dalam proses perancangan dan pengurusan (Yaakup et al., 1997). Justeru penggunaan aplikasi GIS sangat dititikberatkan dalam kajian ini dalam menghasilkan peta risiko banjir di daerah kota belud.

Antara data primer yang digunakan dalam kajian ini adalah berbentuk raster. Data raster ialah kaedah yang digunakan secara meluas untuk menyimpan data geografi. Model yang paling lazimnya mengambil bentuk struktur seperti grid yang memegang nilai pada selang jarak kekerapan (interval) mengikut tahap raster. Raster amat sesuai untuk menyimpan data berterusan seperti suhu dan nilai ketinggian, tetapi boleh menyimpan data discreet dan kategori seperti guna tanah (land use). Resolusi raster diberikan dalam unit linear sama ada dalam bentuk meter atau angular unit (one arc second) dan mentakrifkan takat sepanjang satu sisi sel grid. Raster resolusi tinggi (atau halus) mempunyai jarak yang agak rapat dan lebih banyak sel grid daripada raster resolusi rendah (atau kasar), dan memerlukan lebih banyak memori untuk disimpan (Pingel, 2018). Data utama yang paling penting dalam kajian ini merupakan data raster DEM atau Digital Elevation Model, data raster guna tanah (land use) dan juga data raster taburan hujan kumulatif tahunan. Hampir kesemua data raster ini diambil daripada satelite penginderaan jarak jauh (Remote Sensing) dan ada juga data yang dihasilkan dengan menggunakan teknologi *Artificial Intelligence* atau A.I.

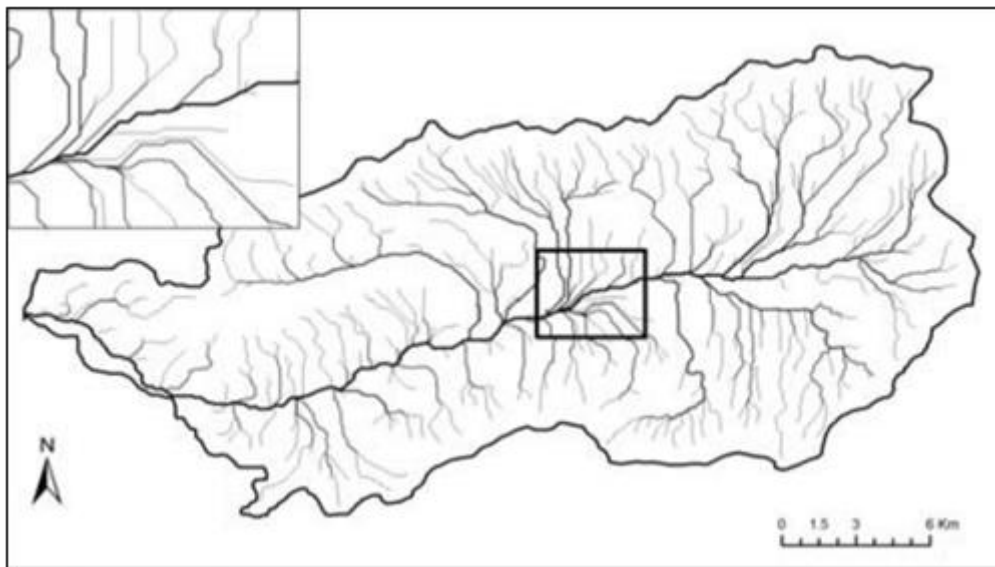
### ***Data Digital Elevation Model (DEM)***

Data DEM ditakrifkan sebagai set digital tersusun atau tidak tersusun bagi ketinggian tanah (ketinggian titik) untuk perwakilan rupa bumi (Zhou, 2017). Dalam konteks visual 3D, data DEM akan berupaya memberikan gambaran rupa bentuk muka bumi sebenar di dalam bentuk digital atau kontur seperti bukit, kawasan tanah rendah dan juga dasar sungai (Sieng et al., 2023). Peranan data ini sangat-sangat besar dalam kajian ini kerana daripada data ini dapat menghasilkan perbezaan tanah tinggi dan tanah rendah. Daripada perspektif hidrologi pula, DEM dapat menghasilkan kewujudan sungai dengan menggunakan perisian GIS yang mana penting untuk digunakan dalam penghasilan peta risiko banjir ini nanti. Penghasilan sungai ini seterusnya dapat dikembangkan kepada radius jarak sungai dan ketumpatan saliran (drainage density). Justeru itu, data DEM ini amat kritikal untuk digunakan dalam kajian ini. *Rajah 2* berikut merupakan contoh data raster DEM dan juga hasil output yang terlibat di *Rajah 3* dan *Rajah 4*.

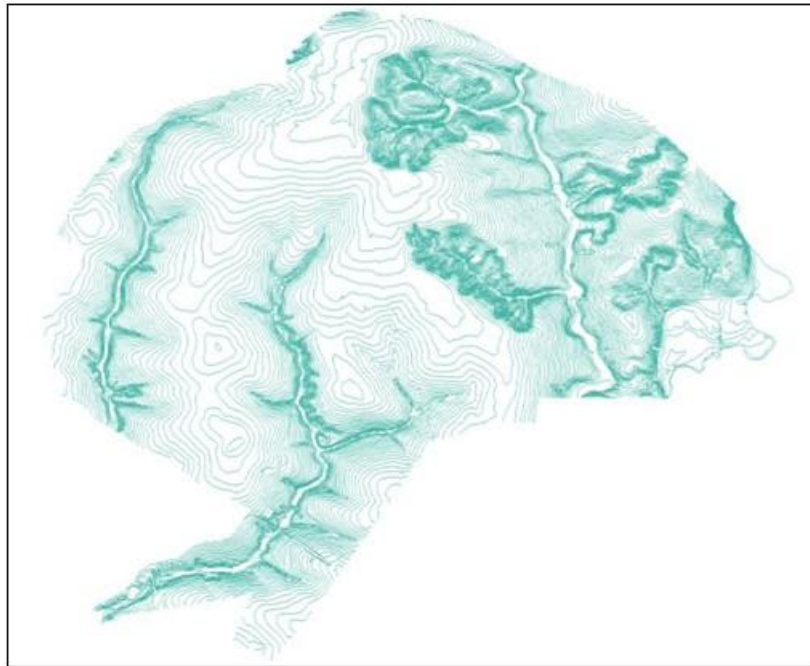




**Rajah 2.** Data raster DEM.  
Sumber: Pingel (2018).



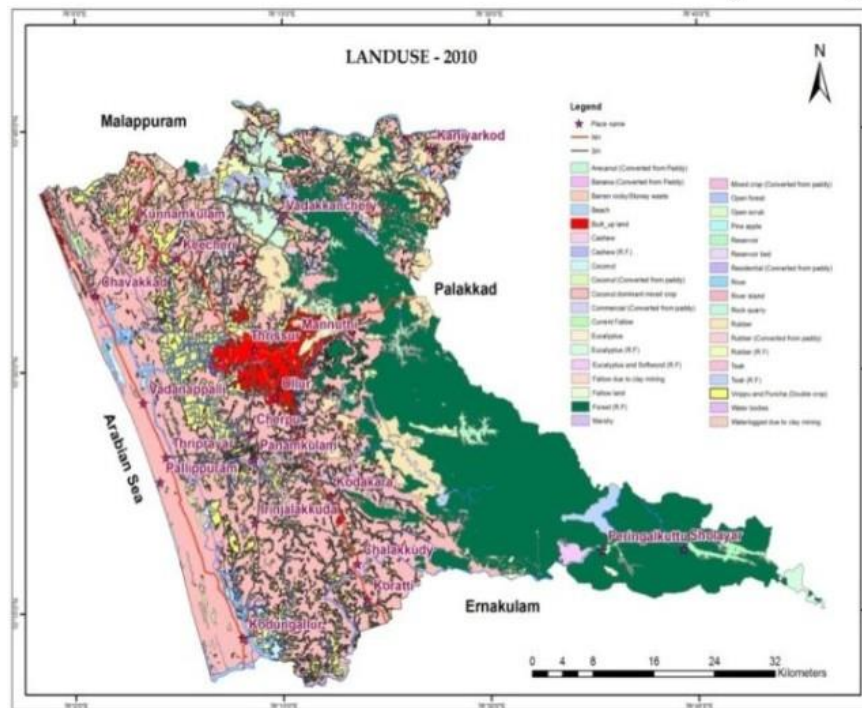
**Rajah 3.** Lembangan sungai yang dapat dihasilkan daripada data DEM.  
Sumber: Hosseinzadeh (2011).



**Rajah 4.** Peta Kontur yang membentuk tingkat ketinggian permukaan bumi.  
Sumber: Plakhotnyk (2017).

#### ***Data guna tanah***

Gunatanah merupakan kegiatan manusia dalam memanfaatkan ruang tanah untuk memenuhi keperluan hidup mereka. Dalam konteks metodologi kajian ini, data guna tanah akan digunakan sebagai salah satu pemberat kerana data ini mempunyai maklumat mengenai taburan lokasi perkampungan, agrikultur, kawasan komersial, dan industri (Somantri, 2018). Di dalam kajian ini, data guna tanah pada tahun 2022 digunakan. *Rajah 5* berikut merupakan contoh data guna tanah.



**Rajah 5. Peta Guna Tanah.**  
*Sumber: Suraj dan Neelakantan (2013).*

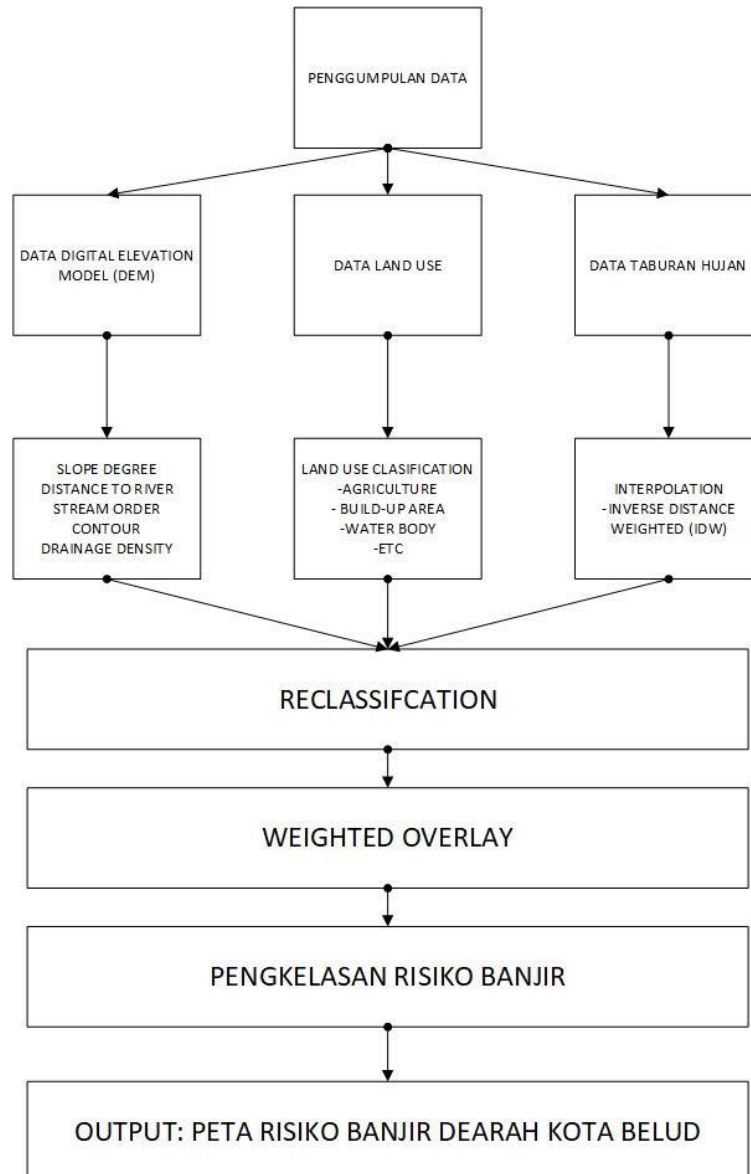
### **Data raster taburan hujan**

Hujan merupakan bentuk kerpasan yang jatuh ke bumi dan merupakan satu proses untuk melengkapkan proses hidrologi (Kadir et al., 2016). Data raster ini dikutip menggunakan cerapan satellite melalui pemerhatian jarak jauh (remote sensing) sama seperti cerapan data DEM (Yuan et al., 2017). Di dalam data ini boleh mengandungi lokasi dan jumlah hujan dalam satu tempoh masa sama ada dalam bentuk harian, bulan, jumlah dan tahunan malah boleh direkod selama satu dekad.

### **Proses kajian**

Daripada penerangan di atas, ketiga-tiga data utama yang digunakan akan diproses atau dikemaskinikan mengikut kesesuaian data raster seperti yang ditunjukkan dalam *Rajah 6*. Proses data DEM dipecahkan kepada 5 pecahan iaitu: Slope Degree-Kecerunan/satah yang mewakili kawasan tanah tinggi dan rendah dikira melalui peratusan (%). Distance to River-Kaedah hidrologi untuk menghasilkan aliran sungai (river stream) daripada sungai-sungai utama dan juga anak-anak sungai. Sungai-sungai yang ada ini akan diwujudkan jarak kawasan daripada kawasan berhampiran dalam bentuk buffer. Stream Order-Data ini akan berfungsi untuk membezakan anak sungai dan juga sungai utama dalam 5 pengelasan iaitu kelas 1 anak sungai kepada kelas 5 sungai utama. Kontur-berbeza dengan kecerunan, kontur dikira dalam unit meter (m) dan drainage density akan menghasilkan darjah ketumpatan aliran yang berlaku pada sungai. Dalam kelas data guna tanah (land use), proses data ini mudah hanya dilakukan kerana pembentukan data sudah berlaku sebelum pengumpulan data lagi. Pada data ini secara umumnya akan berlaku proses kemaskini dan mencari kecacatan data. Data ini akan berfungsi sebagai perwakilan raster untuk guna tanah seperti agrikultur, kawasan kampung, perumahan, kawasan hutan dan sebagainya. Dalam data taburan hujan,

berlaku pemrosesan menggunakan inverse distance weighted (IDW) yang mana interpolasi akan membentuk permukaan berterusan daripada sampel titik yang mana setiap perwakilan titik ini mengandungi nilai perkiraan hujan pada suatu lokasi di peta. Taburan hujan akan dikira dalam bentuk (mm) dan pengiraan secara kumulatif tahunan akan digunakan dalam kajian ini untuk menentukan kawasan yang paling menerima hujan paling banyak.



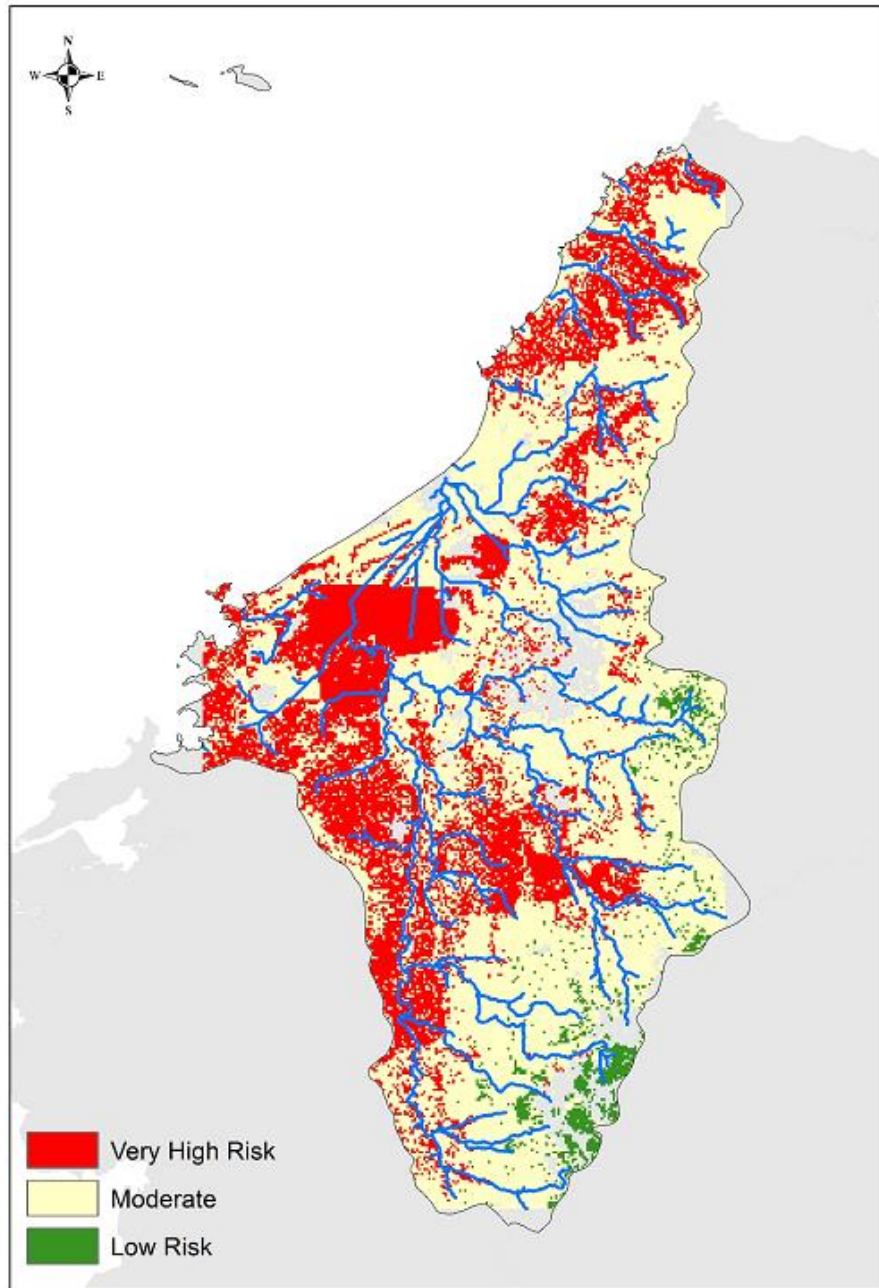
**Rajah 6.** Carta alir metodologi pemrosesan penghasilan risiko banjir di Kota Belud.

Dalam fasa *reclassification* membolehkan nilai raster dikelaskan semula iaitu dengan menggantikan semula nilai semasa setiap sel dengan maklumat baharu. Data boleh diklasifikasikan semula daripada mana-mana pembolehubah yang disimpan dalam format raster yang menyebabkan ketiga-tiga data yang selesai diproses akan mengalami perubahan attribute data untuk menyeragamkan data (Gabriel, 2019). Keseragaman data ini sangat penting agar tiada masalah dan juga mengelakkan data dan output bersifat bias lalu menghasilkan peta yang tidak tepat. Dalam setiap data yang menerima proses

reclassification, terdapat nilai kriteria yang akan ditetapkan kepada attribute data iaitu skala 1 hingga skala 5 yang mana skala ini mewakili perkaitan antara satu sama lain dalam pembentukan peta banjir. Setelah selesai fasa reclassification, maka data sudah bersedia untuk pemprosesan fasa weighted overlay yang mana merupakan proses terakhir dalam menghasilkan peta risiko banjir ini. Pengkelasan perwakilan untuk setiap risiko dikelaskan dalam bentuk 1-berisiko tinggi, 2-berisiko sederhana, dan 3-berisiko rendah.

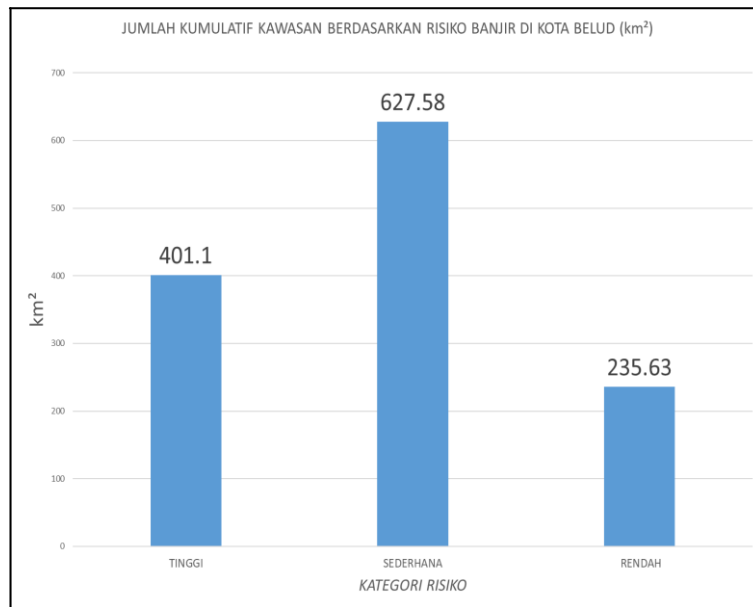
### **Dapatan dan Perbincangan Kajian**

Tujuan penghasilan peta risiko banjir ini dibuat untuk melihat perspektif lokasi yang berupaya mengalami risiko banjir di Kota Belud. Kajian ini dibuat dengan memberikan tumpuan kepada keseluruhan aliran sungai dan kawasan guna tanah manusia. Data yang dikumpul digunakan pada skala maksimal agar output peta dapat dihasilkan dengan tepat. Dalam kajian ini telah berjaya mendapatkan peta risiko banjir yang berkeluasan 1,264.31 km<sup>2</sup> daripada luas keseluruhan kawasan kajian 1,385.6 km<sup>2</sup>. *Rajah 7* berikut merupakan peta risiko banjir yang telah dihasilkan menggunakan aplikasi GIS oleh pengkaji. Merujuk legend peta di atas, kawasan yang berwarna merah merupakan kawasan yang paling berisiko banjir. Bagi kawasan yang berwarna kuning pula merupakan kawasan yang sederhana risikonya terhadap banjir dan kawasan kuning pula merupakan kawasan yang berisiko rendah. Kawasan yang paling menerima kawasan risiko banjir yang tinggi dilihat lebih tertumpu di kawasan pekan Kota Belud yang secara seluruhnya oleh sungai Kadamaian. Selain itu, kawasan risiko banjir tinggi juga berlaku di sepanjang sungai menuju ke selatan kawasan kajian dan terdapat sedikit terkesan di bahagian timur dan utara. Kawasan risiko banjir sederhana dilihat majoriti terletak di bahagian timur atau pendalaman daerah Kota Belud. Terdapat juga ciri aliran sungai yang disesuaikan dalam peta ini untuk pemahaman secara visual bagi mengaitkan aliran sungai ini dengan kawasan berisiko banjir dan kawasan banjir risiko rendah dilihat amat sedikit.

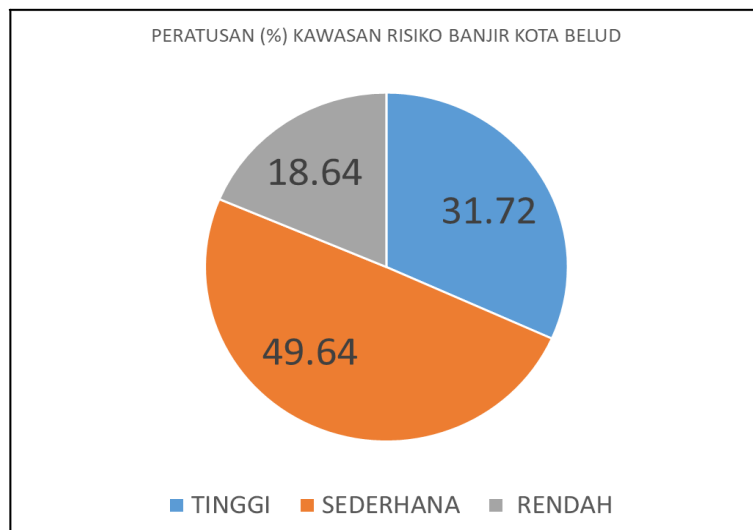


**Rajah 7.** Paparan Peta Risiko Banjir di Kota Belud.

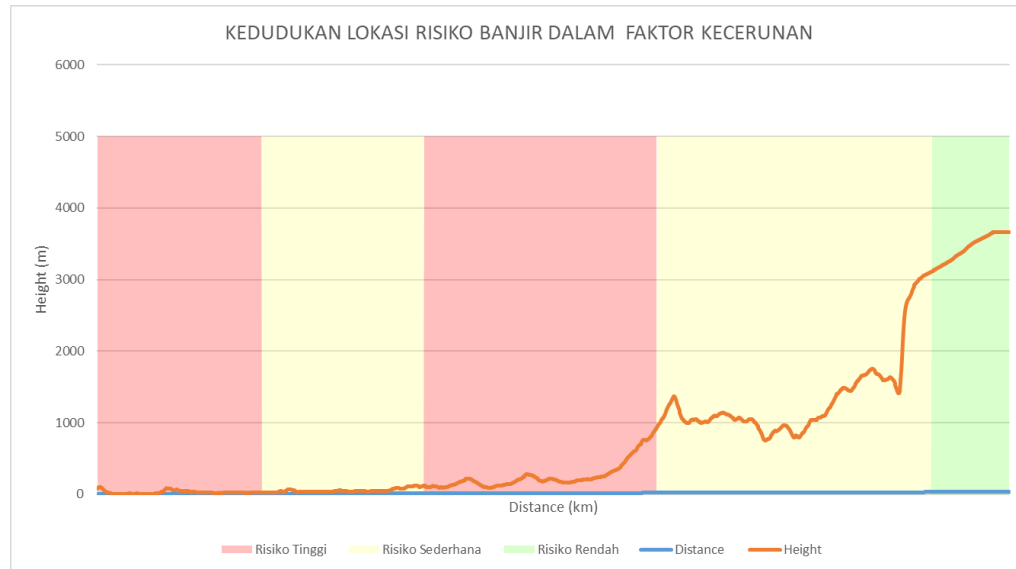
Hasil analisis kajian mendapati bahawa kawasan berisiko sederhana mendominasi antara ketiga-tiga kategori risiko dan kawasan berisiko tinggi di tempat kedua dan kawasan berisiko rendah merupakan kawasan paling sedikit keluasan. *Rajah 8* berikut merupakan graf yang membandingkan tiga kategori risiko keluasan kawasan secara kumulatif (km<sup>2</sup>) dan *Rajah 9* pula menunjukkan peratusan kawasan dalam ketiga-tiga kategori risiko banjir. Hasil pengiraan peratusan menunjukkan bahawa hampir separuh atau 50% kawasan risiko banjir merupakan kawasan yang berstatus berisiko sederhana dan diiringi oleh kawasan berisiko tinggi banjir sebanyak 31.73%. Peratusan paling sedikit berlaku pada kawasan risiko rendah yang membawa nilai sebanyak 18.64%. Jika dilihat dalam konteks ketinggian, kawasan yang berisiko tinggi banjir ini cenderung untuk berlaku pada kawasan yang mempunyai ketinggian rendah (*Rajah 10*).



**Rajah 8.** Graf kumulatif keluasan kawasan (km<sup>2</sup>) dalam kategori risiko banjir.



**Rajah 9.** Peratusan (%) luas kawasan dalam kategori risiko banjir.



**Rajah 10.** Paparan graf lokasi risiko banjir dan ketinggian cerun.

Analisis silang ketinggian mendapati bahawa terdapat 2 bahagian risiko tinggi banjir iaitu lebih kepada kawasan ketinggian rendah dan juga kawasan yang mempunyai cerun curam. Situasi yang sama juga berlaku pada risiko banjir sederhana yang mana terdapat sebahagian kategori ini berada di kawasan ketinggian yang tanah rendah namun kawasan yang lebih luas boleh didapati berada di ketinggian lebih daripada 1000 meter. Bahagian berwarna hijau pula merupakan kawasan yang amat rendah risiko banjir. Masing-masing bahagian ini merangkumi sebanyak 43.61% kawasan berisiko banjir yang tinggi, 47.87% untuk sederhana dan juga 8.51% untuk bahagian berisiko banjir yang rendah. Dapat dirumuskan bahawa kategori risiko tinggi banjir ini banyak berlaku pada kawasan tanah rendah dan juga terdapat kawasan yang berisiko tinggi berada pada kecerunan curam.

## Kesimpulan

Kajian ini dapat dirumuskan bahawa risiko banjir di Kota Belud adalah tidak terlalu kritikal berdasarkan hasil analisis data. Pengkelasan bagi setiap kawasan risiko banjir telah dibuat ke di dalam lingkungan daerah Kota Belud dan hasil kajian menunjukkan bahawa kawasan yang berisiko tinggi memang wujud berikutan kadar kecerunan yang sangat curam. 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 sentiasa bersedia 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

Penghargaan diberikan kepada kesemua penyelidik yang terlibat dalam projek penyelidikan Universiti Malaysia Sabah (UMS) melalui geran DN20080 yang diketuai oleh Prof Dr Phua Mui How.



## Konflik Kepentingan

Pengarang mengesahkan bahawa tiada konflik kepentingan melibatkan mana-mana pihak dalam kajian penyelidikan ini.

## RUJUKAN

- [1] Ali, A. (2021): Quantitative Data Analysis. – University of Sindh 9p.
- [2] Balasubramanian, A. (2016): Floods as Natural Hazards. – University of Mysore 9p.
- [3] Balasubramanian, A., Nagaraju, D. (1994): The Hydrologic Cycle. – International Geophysics 56(C): 115-135.
- [4] Chapman, D.V. (2021): Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. – CRC Press 21p.
- [5] De Silva, M.M.G.T., Kawasaki, A. (2018): Socioeconomic Vulnerability to Disaster Risk: A Case Study of Flood and Drought Impact in a Rural Sri Lankan Community. – Ecological Economics 152: 131-140.
- [6] Doswell, C.A. (2003): Flooding. – Encyclopedia of Atmospheric Sciences 7p.
- [7] Easton, Z.M. (2020): Hydrology Basics and the Hydrologic Cycle. – Virginia Cooperative Extension 14p.
- [8] EcoAdapt Web Portal (2024): Socioeconomic Vulnerability Assessment. – EcoAdapt Web Portal 32p.
- [9] Gabriel (2019): GIS Book: Reclassifications. – GIS Crack Web Portal 4p.
- [10] Gerut, L.A., Eboy, O.V. (2023): Penilaian Kerentanan Zon Pinggir Pantai Terhadap Perubahan Iklim Menggunakan GIS Dan Penderiaan Jauh: Satu Kajian Literatur. – Jurnal Komunikasi Borneo (JKoB) 11: 274-284.
- [11] He, Y., Pappenberger, F., Manful, D., Cloke, H., Bates, P., Wetterhall, F., Parkes, B. (2013): Flood Inundation Dynamics and Socioeconomic Vulnerability under Environmental Change. – In Climate Vulnerability: Understanding and Addressing Threats to Essential Resources, Elsevier Inc. 5: 14p.
- [12] Hosseinzadeh, S.R. (2011): Drainage Network Analysis, Comparis of DigitalElevation Model (DEM) from ASTER with HighResolution Satellite Image and Areal Photographs. – International Journal of Environmental Science and Development 2(3): 194-198.
- [13] Kadir, A.A., Kaamin, M., Azizan, N.S., Sahat, S., Bukari, S.M., Mokhtar, M., Ngadiman, N., Hamid, N.B. (2016): Application of Geographic Information Systems (GIS) in Analysing Rainfall Distribution Patterns in Batu Pahat District. – IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 136(1): 9p.
- [14] Krishnamoorthi, N. (2016): Role of Remote Sensing and GIS in Natural Disaster Management Cycle. – Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR) 2(3): 144-154.
- [15] Liyana, N., Roslan, B., Ibrahim, Z. (2016): The Mechanics of Natural Straight River during Flooding and Non-flooding. – Universiti Teknologi Malaysia 14p.
- [16] Montz, B.E., Tobin, G.A. (2012): Natural Hazards and Natural Disasters. – 21st Century Geography: A Reference Handbook 9p.
- [17] Pandey, R.P., Desai, M., Panwar, R. (2023): Hybrid deep learning model for flood frequency assessment and flood forecasting. – Multidisciplinary Science Journal 5: 8p.
- [18] Pingel, T. (2018): The Raster Data Model. – The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge 8p.
- [19] Plakhotnyk, A. (2017): Building DEM in Arcgis with Contour Data. – 50°North Web Portal 13p.
- [20] Sarsani, M.R. (2011): Socio-Economic status and performance on creativity tests. – Encyclopedia of Creativity 4p.

- [21] Sharir, K., Roslee, R. (2023): Analisis Indeks Kemudahterancaman Banjir Secara Fizikal, Sosial dan Persekitaran di Kawasan Kota Belud, Sabah, Malaysia. – *Sains Malaysiana* 52(6): 1619-1633.
- [22] Sieng, K.T., Eboy, O.V., Pugh-Kitingan, J., Bee, B.B.B., Bagul, A.H.B.P., Baco, Z. (2023): Megalithic stone heritage trail mapping using GIS as tourism product for cultural sustainability in Tambunan. – *Sustainability* 15(4): 15p.
- [23] Somantri, L. (2018): Land Use: One of Essential Geography Concept Based on Remote Sensing Technology. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing 145(1): 6p.
- [24] Suraj, R., Neelakantan, R. (2013): Detection of land use pattern changes and management priorities for Thrissur district, Kerala, India. – *Int. J. of Remote Sens. & Geoscience* 2(1): 22-29.
- [25] University Corporation for Atmospheric Research (UCAR) (2023): The Water Cycle. – UCAR Web Portal 9p.
- [26] Valentine Eboy, O., Chan Kim Lian, J. (2021): Application of GIS in Identifying Potential Site For River Tourism Activities Along The Petagas River. – *Ilkogretim Online* 20(4): 743-752.
- [27] Water Science School (2022): The water cycle. – United State Geological Survey (USGS) Web Portal 4p.
- [28] Wei, X., Eboy, O.V., Cao, G., Xu, L. (2023): Spatio-temporal variation of water conservation and its impact factors on the southern slope of Qilian Mountains. – *Regional Sustainability* 4(1): 54-67.
- [29] Yaakup, A., Johar, F., Dahlan, N.A. (1997): GIS and decision support systems for local authorities in Malaysia. – In: Timmermans H (ed.) *Decision Support System in Urban Planning*, London: E & FN SPON 16p.
- [30] Yuan, F., Zhang, L., Wah Win, K.W., Ren, L., Zhao, C., Zhu, Y., Jiang, S., Liu, Y. (2017): Assessment of GPM and TRMM multi-satellite precipitation products in streamflow simulations in a data sparse mountainous watershed in Myanmar. – *Remote Sensing* 9(3): 23p.
- [31] Zhou, Q. (2017): Digital Elevation Model and Digital Surface Model. – *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology* 17p.