

# PEMODELAN SPATIAL GIS DALAM MENILAI DINAMIK BANJIR TENGGUJUH DAN POLA RISIKO DI PASIR MAS

(GIS SPATIAL MODELLING IN ASSESSING MONSOONAL FLOOD DYNAMICS AND RISK PATTERN IN PASIR MAS)

MANAF, W. M. I. N. W.<sup>1</sup> – HUA, A. K.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> *Fakulti Sastera dan Sains Sosial, Universiti Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia.*

*\*Penulis penghubung  
e-mail: angkeanhua888[at]um.edu.my*

(Received 28<sup>th</sup> March 2025; revised 20<sup>th</sup> June 2025; accepted 28<sup>th</sup> June 2025)

**Abstrak.** Kajian ini menganalisis faktor-faktor kritikal yang menyumbang kepada kejadian banjir “tengkujuh” di Jajahan Pasir Mas, Kelantan dengan menggunakan pendekatan Sistem Maklumat Geografi (GIS) yang mengintegrasikan data topografi, hidrologi, kecerunan, taburan hujan dan jarak dari sungai. Data daripada DEM, TIN, peta kecerunan, kontur, dan hillshade dianalisis bersama data taburan hujan bagi tahun 2011, 2013, dan 2015 untuk menilai hubungan antara morfologi tanah dan potensi banjir. Hasil kajian menunjukkan bahawa tahun 2013 merekodkan taburan hujan tertinggi (min 2,946.34 mm) serta paras larian air yang lebih besar, menjadikannya tahun paling berisiko untuk banjir besar. Analisis kecerunan dan DEM pula menunjukkan bahawa Pasir Mas mempunyai kecerunan tanah yang sangat rendah ( $0.53^{\circ}$ – $1.46^{\circ}$ ) dan muka bumi yang rata, menghalang kelajuan aliran air dan meningkatkan tempoh genangan. Zon penampakan sungai mendedahkan bahawa kawasan terdekat dengan Sungai Kelantan dan Sungai Golok, seperti Rantau Panjang, Kubang Gadong dan Alor Pasir, berada dalam radius 200–400m yang dikategorikan sebagai zon risiko banjir tertinggi. Kajian ini menegaskan bahawa interaksi antara taburan hujan ekstrem, topografi landai dan proximity terhadap sistem sungai merupakan pemacu utama banjir tengkujuh di Pasir Mas. Selain itu, pemetaan GIS memberikan gambaran visual dan analitis yang kritikal untuk meramal pola banjir, merancang pembangunan kawasan rendah, serta memperkukuh langkah mitigasi jangka panjang. Dapatan ini membuktikan keperluan pendekatan bersepadu dalam memahami dan mengurus risiko banjir, selaras dengan keperluan adaptasi perubahan iklim.

**Katakunci:** *banjir tengkujuh, Sistem Maklumat Geografi (GIS), Pasir Mas, taburan hujan, kecerunan tanah*

**Abstract.** This study examines the critical drivers contributing to monsoonal flooding in Pasir Mas, Kelantan by employing an integrated Geographic Information Systems (GIS) approach, combining topographic, hydrological, slope, rainfall, and river-buffer datasets. Using DEM, TIN models, slope maps, contour layers, hillshade analysis, and rainfall data for 2011, 2013, and 2015, the study evaluates the spatial–temporal relationship between land surface morphology and flood susceptibility. Findings reveal that 2013 recorded the highest rainfall (mean 2,946.34 mm), producing significantly greater runoff and elevating flood severity during the northeast monsoon. Slope and DEM analyses further show that Pasir Mas is characterised by extremely low gradients ( $0.53^{\circ}$ – $1.46^{\circ}$ ) and flat terrain, limiting surface water drainage and prolonging inundation. River-buffer analysis identifies areas such as Rantau Panjang, Kubang Gadong, and Alor Pasir, located within 200–400 m of Sungai Kelantan and Sungai Golok, as the highest-risk flood zones. Results confirm that the interaction of extreme rainfall, low-lying topography, and close proximity to major rivers strongly influences monsoonal flood dynamics in Pasir Mas. GIS-based spatial modelling provides critical insights for predicting flood patterns, guiding land-use planning, and strengthening long-term flood mitigation strategies. Overall, the study underscores the importance of an integrated geospatial approach in understanding and managing flood hazards amid increasing climatic variability.

**Keywords:** *monsoonal flooding, Geographic Information Systems (GIS), Pasir Mas, rainfall distribution, terrain slope*

## **Pengenalan**

Banjir “tengkujuh” merujuk kepada fenomena banjir yang berlaku secara berulang yang dibawa oleh Monsun timur laut atau juga dikenali sebagai musim tengkujuh. Musim ini akan berlangsung pada setiap tahun dari bulan November hingga Mac yang pada waktu akan berlakunya fenomena hujan yang lebat dan berterusan. Fenomena inilah yang merupakan salah satu faktor berlakunya banjir “tengkujuh” di beberapa kawasan di Malaysia yang kebanyakannya banjir ini akan melanda di negeri-negeri Pantai timur Semenanjung Malaysia iaitu Kelantan, Terengganu, Pahang dan lain-lain. Banjir ini merupakan bencana rutin yang dihadapi oleh penduduk Pantai Timur Semenanjung Malaysia pada setiap hujung tahun (Zal, 2018). Kawasan ini sangat terdedah kepada monson timur laut kerana berdekatan dengan Laut China Selatan dan topografi Sungai. Ia juga disebabkan oleh kedudukan negeri Pantai timur ini yang berada di antara dua lautan, iaitu Lautan Pasifik dan Lautan India (Tangang et al., 2012). Pasir Mas merupakan salah satu daripada 11 jajahan dalam Kelantan yang mempunyai 10 daerah yang kedudukannya berada di sebelah utara negeri yang keluasanya merangkumi 3.9 peratus daripada keluasan seluruh negeri Kelantan. Jajahan Pasir Mas boleh dikatakan setiap tahun akan dilanda banjir di setiap daerah kerana kawasannya yang rendah. Selain itu, kedudukan Pasir Mas yang hampir dengan Sungai Kelantan dan Sungai Golok, Thailand merupakan faktor jajahan ini akan paling dilanda banjir. Hujan yang lebat dan berterusan menyebabkan berlakunya limpahan air sungai membawa kepada banjir di Kawasan sekitarnya. Contohnya, di daerah Rantau Panjang yang mempunyai 7 buah mukim yang kawasannya berhampiran dengan Sungai Golok akan dilanda banjir akibat paras air Sungai tersebut melepasi tahap amaran.

Aplikasi “Geographic Information Systems” (GIS) akan digunakan dalam metodologi kajian ini bagi menganalisis data berkenaan banjir dari masa ke masa dalam skop kajian yang dijalankan. GIS akan menyatupadukan pelbagai set data termasuk maklumat topografi, hidrologi, data taburan hujan, lembangan dan banyak lagi bagi mendapatkan pemahaman yang menyeluruh bagi menganalisis banjir. Data yang dikumpul dan dianalisis dapat digunakan untuk mencipta peta dengan bantuan GIS bagi mengenal pasti beberapa perkara seperti mendapatkan zon risiko banjir melalui gabungan data yang dikumpulkan. Analisis temporal dan spatial ini membolehkan keputusan dibuat untuk menjalankan langkah mitigasi, perancangan bandar bagi meminimumkan risiko berlakunya banjir. Dalam metodologi kajian, GIS memberi pendekatan untuk mencapai objektif bagi mengenal pasti punca berlakunya bencana banjir melalui data yang dikumpul daripada sumber seperti DEM. Pelbagai perisian GIS yang digunakan dalam kajian ini bagi menjalankan metodologi iaitu QGIS, ARCGIS dan lain-lain. Gis dalam menganalisis, memodelkan serta memberi gambaran melalui sumber data yang diperoleh menjadikannya alat yang paling berkesan dan amat diperlukan dalam mencapai objektif serta menangani cabaran berkaitan banjir di Kawasan kajian. Secara umumnya, kajian ini akan memanfaatkan aplikasi GIS untuk mendapatkan penilaian secara terperinci bagi menganalisis data untuk mendapatkan nilai keputusan yang tepat dan jelas. Hasil daripada kajian ini akan memberikan pemahaman yang lebih jelas berkaitan dengan banjir “Tengkujuh” di Kawasan jajahan Pasir Mas, Kelantan.

## ***Sorotan literatur***

Kajian berkenaan dengan banjir telah menjadi perhatian oleh pengkaji-pengkaji bagi menjalankan kajian tentang pelbagai aspek yang berkaitan dengan banjir. Kebanyakannya, pengkaji akan mengkaji jenis bencana banjir yang sering berlaku di Kawasan mereka. Di Malaysia, pelbagai terdapat dua jenis banjir yang sering berlaku akibat daripada faktor fizikal serta bukan fizikal iaitu banjir monsun atau banjir “tengkujuh” dan banjir kilat yang selalunya berlaku di bandar. Segelintir pengkaji melihat bencana banjir ini dari persepsi dan penyesuaian masyarakat tentang menghadapi kesan serta langkah mitigasi yang perlu diambil bagi mengurangkan risiko banjir tersebut. Dalam membincangkan masalah bencana banjir ini, bukan sahaja pengkaji dalam negara tetapi juga pengkaji luar negara juga turut bersama mengkaji masalah ini. Hal ini demikian kerana, fenomena banjir ini bukan sahaja melanda Malaysia malahan di seluruh dunia. Masalah banjir ini boleh dijustifikasikan kepada masalah alam sekitar yang bersifat global.

Pengkaji dalam negara yang menjalankan penyelidikan mengenai banjir ialah Ishak et al. (2014) yang telah menjalankan kajian tentang sejarah banjir besar di semenanjung Malaysia dari tahun 1926 hingga tahun 1971. Dalam kajian mereka, pengkaji memberi analisis Sejarah kejadian banjir dengan menonjolkan kepentingan memahami Sejarah banjir melalui lensa Sejarah. Hasil kajian mereka mendapati bahawa hampir setiap negeri menghadapi ancaman banjir setiap tahun. Jafar et al. (2020) pula menjalankan kajian berkenaan dengan pengaruh monsun terhadap bahaya banjir dalam kajian kes mereka di dataran banjir Beaufort, Sabah yang memfokuskan pada data dari 2009 hingga 2018. Mengikut pengkaji, banjir yang melebihi 1.5 meter kedalaman telah diklasifikasikan sebagai berisiko tinggi manakala kurang daripada 0.5 merupakan tahap banjir berisiko rendah. Dalam kajian ini, pengkaji membincangkan kedua-dua musim monsun merupakan penyumbang kepada taburan hujan yang tinggi di Kawasan kajian mereka. Daerah Beaufort dikenal pasti sebagai Kawasan “hotspot” banjir kerana kedudukan kawasan geografi serta aspek hidrologinya. Hal ini menunjukkan bahawa banjir yang melanda di Beaufort bukan disebabkan oleh jumlah hujan yang tinggi semata-mata tetapi juga oleh faktor lain seperti topografi dan dinamik hidrologi kawasan tersebut.

Terdapat juga kajian yang menggunakan aplikasi GIS sebagai metodologi kajian iaitu Yusoff dan Thomas (2021) yang menjalankan pemetaan titik panas banjir kilat di Kuala Lumpur sepanjang tahun 2012 hingga 2018. Banjir kilat yang berlaku telah menyebabkan kerosakan harta benda serta kesesakan lalu lintas terutama di jalan raya utama Kuala Lumpur. Dalam kajian ini, aplikasi GIS telah diguainakan untuk menghuraikan fenomena banjir kilat melalui analisis penampan dan interpolasi bagi menghasilkan peta lokasi titik panas banjir kilat di sekitar Kuala Lumpur. Analisis data dijalankan dengan mendapatkan sumber data yang diperolehi daripada JPS, DBKL dan JUPEM. Hussain dan Ismail (2016) menjalankan kajian tentang perubahan guna tanah dan kejadian banjir di lembangan saliran Kelantan. Pengkaji mengatakan bahawa Pembangunan ekonomi yang pesat dan pertumbuhan ekonomi penduduk di lembangan Sungai Kelantan sejak 26 tahun yang lalu telah mendorong perubahan guna tanah di kawasan tersebut. Banyak kawasan hutan diterokai untuk dijadikan sebagai penempatan bandar, tanah pertanian, zon Perindustrian, zon ekonomi dan banyak lagi. Perubahan guna tanah secara besar-besaran ini telah membawa kepada perubahan sistem semula jadi iaitu telah menjejaskan keupayaan tebatan banjir kerana kurangnya tumbuh-tumbuhan bagi menyerap air dan mengawal larian air permukaan. Melalui GIS, telah mendapati korelasi yang kuat antara perubahan guna tanah dengan berlakunya

peningkatan intensity banjir kawasan tersebut. Sumber data yang diperoleh dari 1961 hingga 2010 mendapati bahawa bencana banjir ini telah menjadi fenomena yang berulang dan telah merosakkan di seluruh sub-rantau lembangan.

Yusof (2019) menjalankan kajian tentang corak banjir di Kelantan akibat hujan terlalu dan fenomena pasang surut. Dalam kajian, pengkaji menjalankan penyelidikan berkenaan pola banjir di Kelantan yang berlaku disebabkan oleh faktor hujan yang melampau dan fenomena pasang surut. Kelantan yang terletak pada wilayah Pantai timur semenanjung Malaysia amat ketara terdedah dengan monsun timur laut, yang membawa hujan lebat dari bulan November hingga Mac. Pengkaji sangat menekankan interaksi antara corak taburan hujan, paras aliran Sungai dan corak pasang surut air. Metodologi kajian ini menyepadukan GIS dan pemodelan hidrologi dalam menjelaskan dan menganalisis melalui simulasi senario banjir. Aplikasi GIS telah membolehkan analisis kedalaman banjir, tahap, kesan dan faktor berlakunya banjir. Kajian ini juga secara kolektif telah menekankan keperluan kepada pemantauan dan pengurusan banjir yang berkesan dengan memberi tumpuan kepada perubahan iklim, pengaruh pasang surut dan kesan antropogenik bagi meminimumkan kerugian yang akan dihadapi oleh Masyarakat di Kelantan.

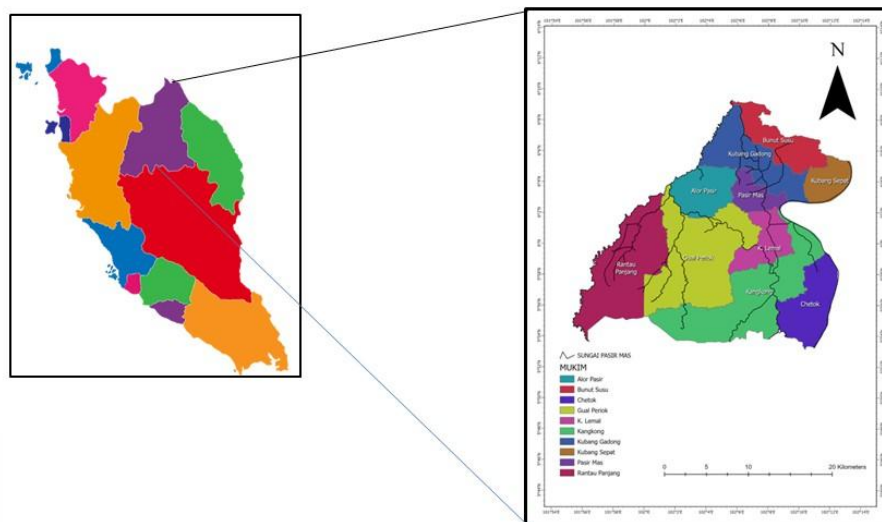
Pengkaji luar negara juga menjalankan penyelidikan berkenaan banjir antaranya ialah Ghosh dan Mistri (2015) yang melakukan kajian berkenaan iklim banjir dan hidrologi banjir di lembangan Sungai Damodar. Di India pada musim tengkujuh pada bulan Jun hingga Oktober telah menyumbang 75 hingga 80 peratus taburan hujan tahunan yang telah membawa kepada banjir berulang di Damodar yang dipanggil “Kedukaan Bengal” kerana banjir ini telah banyak membawa kerosakan. Dalam kajian ini, intensity dan kekerapan hujan yang melampau di India meningkat disebabkan oleh pemanasan global dan perubahan iklim. Bencana banjir besar yang telah berlaku di Kashmir, Uttarakhand dan Jammu menunjukkan kajian amat penting dalam memahami dinamik banjir. Hoyt dan Langbein (1955) mengkaji tentang banjir melalui skop kajian yang menyeluruh. Mereka menyifatkan kejadian banjir ini adalah salah satu bencana alam yang berlaku pada tahap global. Mereka juga menyatakan bahawa bencana banjir ini boleh memusnahkan sebahagian besar persekitaran manusia dengan melihat pada tahap risiko bencana banjir tersebut. Antara faktor berlakunya banjir yang ditekankan dalam kajian mereka ialah faktor fizikal dan manusia. Bencana ini juga sering berlaku di Kawasan yang beriklim tropika dan sederhana sejuk. Dalam kajian ini juga, menyentuh Tindakan yang perlu diambil oleh beberapa pihak berwajib untuk mengambil langkah mitigasi dalam jangka masa pendek dan Panjang. Ramos dan Reis (2002) pula, melakukan kajian berkenaan dengan Banjir di selatan Portugal: punca fizikal dan manusia, kesan dan tindak balas manusia. Pengkaji mendapati banjir yang berlaku telah banyak memberi kesan negatif kepada penduduk dan juga menyebabkan kematian.

## **Instrumen dan Metod Kajian**

### ***Lokasi kajian***

Pasir Mas merupakan salah satu daripada 11 jajahan dalam Kelantan. Jajahan Pasir Mas terdiri daripada 10 daerah, masing-masing mempunyai ciri tersendiri dari segi keluasan, jumlah penduduk, dan jenis pekerjaan utama (*Rajah 1*). Daerah Kubang Sepat merupakan daerah yang berkeluasan 21.71 km<sup>2</sup>, iaitu 3.76% daripada keseluruhan Jajahan Pasir Mas. Daerah ini terletak di utara bandar Pasir Mas, bersempadan dengan beberapa daerah lain, termasuk Kubang Gadong di selatan dan Wakaf Bharu di utara.

Daerah ini mempunyai 7 mukim penghulu, 5 mukim tanah, 6 mukim imam dan terdapat 24 buah kampung. Kubang Sepat terkenal dengan aktiviti pertanian seperti padi, getah, dan perikanan kerana kedudukannya hampir dengan Sungai Kelantan. Kubang Gadong pula, merupakan daerah keempat terbesar keluasanya seluas 55.86km per (13837 ekar per segi) dan ia juga ketiga terbesar dari segi kepadatan penduduk. Hal ini demikian kerana, Penduduk di Kawasan ini terdiri daripada 99% Melayu, dan 1% Cina iaitu dalam lingkungan 26070 orang. Sebanyak 85% daripada keseluruhan daerah ini merupakan Kawasan tanah rata dan 15% tanah rendah dan paya. Kawasan merupakan titik panas berlakunya banjir. Disebabkan daerah ini mempunyai Kawasan tanah yang rata yang luas, maka banyak aktiviti pertanian dijalankan di Kawasan tersebut seperti penanaman getah, padi, buah-buahan dan banyak lagi. Seterusnya, daerah yang terdapat di Pasir Mas adalah Bunut Susu yang berkeluasan lebih kurang 14,922km per segi yang mempunyai 12 mukim berjumlah seramai 16800 orang penduduk.



**Rajah 1.** Lokasi kajian di Pasir Mas (Kanan), Kelantan (Kiri).

Rantau Panjang merupakan kawasan yang terkenal di seluruh Malaysia kerana salah satu Kawasan Zon Bebas Cukai. Daerah ini terletak di Kawasan sempadan Malaysia-Thailand yang berada pada 39 Km di barat daya bandar Kota Bharu dan berhampiran dengan Sungai Golok, Thailand. Terdapat 7 buah mukim iaitu Mukim Rantau Panjang, mukim Lubok Gong, Mukim Gual Nering, Mukim Lubok Setol, Mukim Telaga Emas, Mukim Bakat dan Mukim Rahmat. Jumlah penduduknya ialah seramai 19054 orang yang terdiri daripada Melayu (97%), Cina (2.06%), India (0.07%) dan Lain-lain (0.87%). Kebanyakan penduduk di sini menjalankan aktiviti perniagaan termasuk makanan, pakaian, kelengkapan rumah dan banyak lagi. Selain itu, terdapat daerah Kangkong yang mempunyai 10 buah mukim iaitu Mukim Baroh Pial, Mukim Bujok, Mukim Bukit Tuku, Mukim Gelam, Mukim Kangkong, Mukim Kuala Nelar, Mukim Kubang Batu, Mukim Rasal, Mukim To'Uban dan Mukim Rong Chenok. Jumlah penduduk lebih kurang seramai 19514 orang yang majoritinya menjalankan aktiviti pertanian. Manakala Alor Pasir mempunyai penduduk seramai 10595 orang terdiri daripada bangsa Melayu, Cina, Thai dan lain-lain. Akhir sekali, Daerah yang terdapat di jajahan Pasir Mas adalah daerah Lemal berkeluasan lebih kurang 14922 km per segi. Daerah ini mempunyai 7 mukim iaitu seramai 10595 orang terdiri daripada berbagai

kaum yang berjumlah 12270 orang. Majoriti penduduk di di daerah ini menjalankan aktiviti pertanian dan perniagaan di sekitar Kawasan tersebut.

### ***Pengumpulan data dan kaedah analisis***

Kajian ini menggunakan kaedah pengumpulan data primer dalam mengenal pasti faktor berlakunya bencana banjir “Tengkujuh” di Pasir Mas, Kelantan. Perisian GIS khususnya ArcGis Pro digunakan untuk mengintegrasikan data yang dikumpul bagi menghasilkan peta sketinggian, kecerunan, hujan dan jarak dari sungai. Data lokasi kajian: Diperolehi melalui Google Earth Pro dengan paparan imej satelit. Proses digitasi dilakukan untuk mengekstrak sempadan lokasi kajian dengan tepat daripada imej satelit tersebut. Digitasi ini akan melibatkan penggunaan alat dalam Google Earth Pro untuk menggambar dan menandakan sempadan kawasan kajian berdasarkan imej satelit yang dilihat. Data yang diperoleh akan dimuat naik ke dalam perisian GIS iaitu ArcGIS Pro untuk menghasilkan peta yang lebih terperinci. Model Ketinggian Digital (DEM): Data DEM yang diperolehi daripada Google Earth Pro yang menyediakan maklumat ketinggian berdasarkan imej satelit bagi memahami kontur dan variasi ketinggian di lokasi kajian. Kaedah Triangulated Irregular Network (TIN) digunakan untuk menghasilkan peta ketinggian secara tiga dimensi (3D). TIN menyusun titik ketinggian dalam bentuk segitiga tidak teratur. Data DEM ini digunakan sebagai asas untuk menghasilkan peta lain yang berkaitan, seperti peta kecerunan (slope), hillshade (bayangan bukit), dan peta kontur. Data taburan hujan: Data taburan hujan diperolehi melalui laman web rasmi CHRS Data. Laman web ini menyediakan akses kepada data taburan hujan secara global, yang merangkumi data hujan harian, bulanan, dan tahunan yang dikumpulkan daripada pelbagai stesen meteorologi dan satelit di seluruh dunia. Data jarak dari sungai (Multiple Buffer): Pilih layer sungai dan gunakan alat "Buffer" untuk mencipta buffer dengan jarak yang pelbagai menggunakan perisian Arcgis Pro. Tentukan jarak buffer dalam meter atau unit lain bergantung kepada data iaitu 200 meter, 400 meter, 600 meter, 800 meter, dan 1000 meter. Setiap buffer akan menghasilkan satu layer baru dengan berbeza warna bergantung kepada jaraknya untuk menunjukkan perbezaan. Internet: Menggunakan internet sebagai sumber untuk mendapatkan maklumat berkenaan dengan kajian lepas, artikel, jurnal, laporan berita, dan sebagainya yang berkaitan dengan kejadian banjir bagi menjalankan kajian ini.

GIS digunakan untuk menganalisis data banjir spatial dan temporal di Pasir Mas, Kelantan. Kajian ini mengintegrasikan pelbagai set data, termasuk topografi, hidrologi, hujan, dan data lembangan sungai. Perisian GIS seperti Arcgis Pro digunakan untuk mencipta peta hujan, Model Ketinggian Digital (DEM), kecerunan, teduhan bukit, lembangan sungai, dan kontur dalam 3 tahun terpilih, iaitu 2011, 2013, dan 2015.

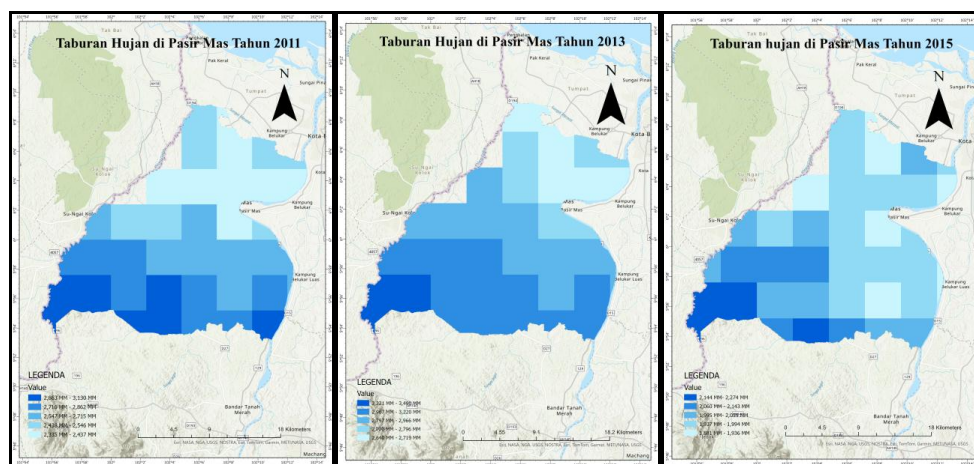
### **Dapatan dan Perbincangan Kajian**

Dapatan kajian menunjukkan *Rajah 1* menunjukkan peta taburan hujan bagi tahun 2011, 2013, dan 2015 di Pasir Mas (*Jadual 1*). Tahun 2013 mencatatkan purata taburan hujan yang tertinggi iaitu 2,946.34 mm, menjadikannya tahun dengan potensi banjir yang paling tinggi. Peta ini menunjukkan kawasan-kawasan dengan taburan hujan tertinggi, terutamanya di Rantau Panjang yang sering mengalami hujan lebat. Hujan yang sangat lebat dalam masa yang singkat menyebabkan limpahan air sungai dan penakungan air di kawasan rendah, meningkatkan risiko berlakunya banjir. *Rajah 2* pula menunjukkan peta Model Ketinggian Digital (DEM) yang menggambarkan ketinggian

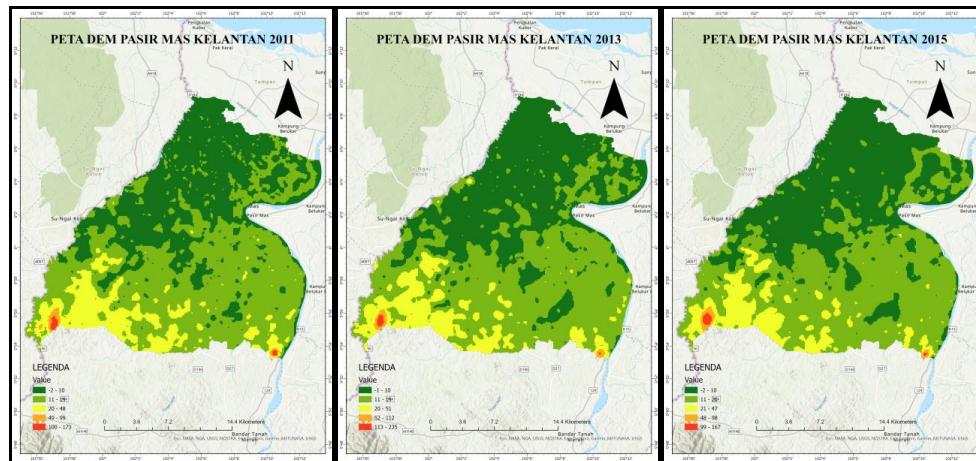
tanah di Pasir Mas untuk tahun 2011, 2013, dan 2015. Peta ini menunjukkan bahawa kawasan Pasir Mas mempunyai topografi yang rendah dan hampir rata, dengan sedikit perubahan dari tahun ke tahun. Ketinggian tanah yang rendah ini menyebabkan air sukar mengalir, mengakibatkan genangan air yang lama dan meningkatkan potensi banjir. *Rajah 3* menunjukkan peta kecerunan (slope) tanah di Pasir Mas, yang menunjukkan nilai kecerunan yang sangat rendah antara  $0.53^\circ$  hingga  $1.46^\circ$ . Hal ini menunjukkan bahawa kawasan ini hampir rata dan air sukar mengalir dengan cepat. Kecerunan yang rendah menyebabkan air bertakung dalam tempoh yang lebih lama, meningkatkan risiko banjir berpanjangan apabila hujan lebat berlaku.

**Jadual 1.** Analisis taburan hujan, DEM, kecerunan, dan hillshade di Pasir Mas dalam tahun 2011, 2013, 2015.

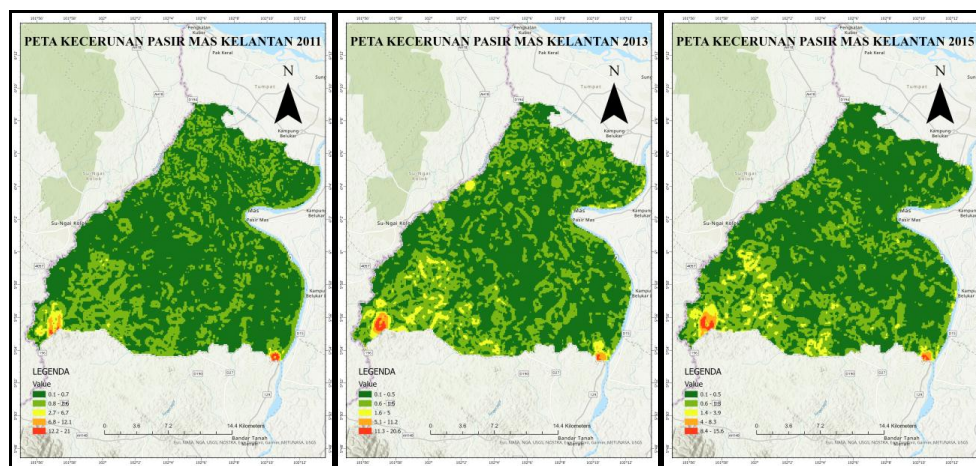
Kategori dan tahun	Minimum	Maximum	Mean	Standard deviation
<b>Taburan Hujan</b>				
2011	2,334.00	3,130.00	2,653.72	217.92
2013	2,639.00	3,490.00	2,946.34	207.08
2015	1,880.00	2,274.00	2,013.19	90.10
<b>DEM</b>				
2011	-2.90	173.43	12.52	9.42
2013	-2.29	234.91	12.49	9.65
2015	-3.42	167.32	12.50	9.33
<b>Kecerunan</b>				
2011	0.00	29.92	1.46	1.77
2013	0.00	20.60	0.58	0.95
2015	0.00	15.60	0.53	0.77
<b>Hillshade</b>				
2011	105.00	222.00	179.88	2.50
2013	118.00	227.00	179.87	2.54
2015	125.00	219.00	179.89	2.18



**Rajah 1.** Peta Taburan Hujan di Pasir Mas 2011, 2013, 2015.

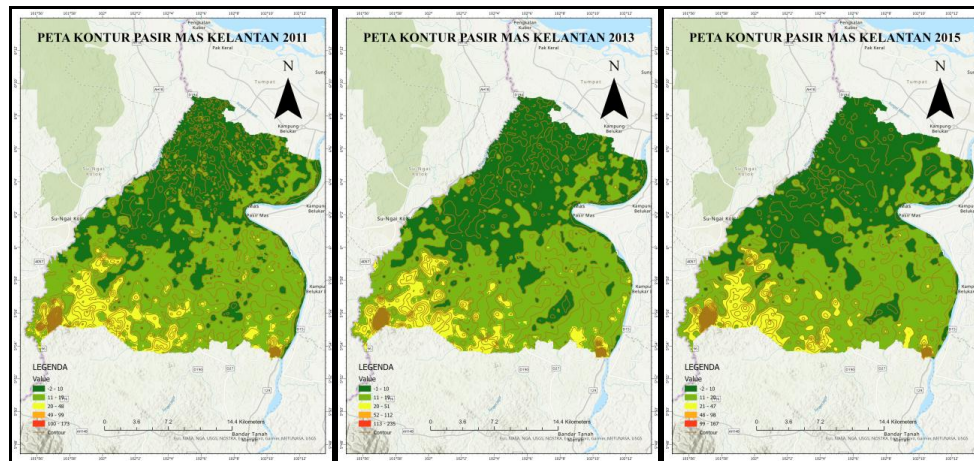


*Rajah 2. Peta DEM Pasir Mas, Kelantan 2011, 2013, 2015.*

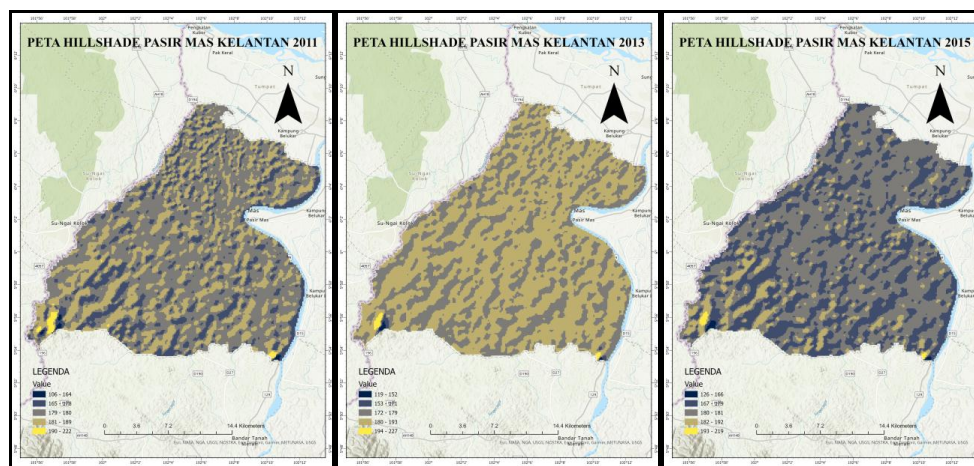


*Rajah 3. Peta Kecerunan Pasir Mas, Kelantan 2011, 2013, 2015.*

Rajah 4 menunjukkan peta kontur Pasir Mas, yang memberikan gambaran lebih terperinci mengenai bentuk permukaan tanah (*Jadual 1*). Peta ini juga menunjukkan kawasan dengan perubahan bentuk permukaan yang minima, yang mengesahkan bahawa kawasan Pasir Mas mempunyai topografi yang hampir rata, yang menyukarkan saliran air dan meningkatkan kebarangkalian berlakunya banjir. Rajah 5 menunjukkan peta bayangan cerun (hillshade) yang memberikan gambaran mengenai bentuk muka bumi dengan menggunakan bayangan untuk menonjolkan kawasan yang mungkin menyebabkan air sukar mengalir. Peta ini juga menunjukkan bahawa kawasan dengan bayangan cerun yang rendah lebih cenderung untuk mengalami genangan air dan banjir. Secara keseluruhan, analisis spasial yang diperoleh daripada rajah-rajah ini menunjukkan bahawa kombinasi antara hujan lebat, topografi yang rendah, dan kedekatan dengan sistem sungai merupakan faktor utama yang menyebabkan banjir di Pasir Mas, terutamanya pada tahun 2013. Walaupun tidak banyak perubahan dalam data DEM, kecerunan, dan kontur antara tahun 2011 hingga 2015, faktor utama yang mempengaruhi kejadian banjir adalah hujan yang melampau. Analisis ini memberikan gambaran yang jelas mengenai risiko banjir dan pentingnya perancangan guna tanah serta langkah-langkah mitigasi yang lebih baik untuk mengurangkan kesan bencana banjir.



*Rajah 4. Peta Kontur Pasir Mas, Kelantan 2011, 2013, 2015.*



*Rajah 5. Peta Hillshade Pasir Mas, Kelantan 2011, 2013, 2015.*

### ***Taburan hujan tinggi***

Pada tahun 2013 telah mencatatkan data purata hujan yang tertinggi berbanding tahun-tahun lain iaitu tahun 2011 dan 2015 iaitu 2,946.34 mm. Hujan yang lebat ini adalah menjadi faktor yang menyebabkan berlakunya banjir. Apabila hujan turun dengan intensiti yang tinggi, maka dalam jangka masa yang singkat, air akan melimpah di sungai dan mengalir ke kawasan yang lebih rendah dan menyebabkan penakungan air, terutama di kawasan tanah rendah. Dengan melihat kepada peta menunjukkan taburan hujan yang tinggi berlaku di kawasan Rantau Panjang di ketiga tiga tahun terpilih. Banjir sering berlaku apabila jumlah hujan yang turun melebihi kapasiti saluran semulajadi dan sistem saluran yang ada. Maka tahun 2013 mungkin mencatatkan kejadian banjir yang lebih teruk disebabkan oleh hujan yang sangat lebat dan berterusan jika dilihat pada faktor taburan hujan.

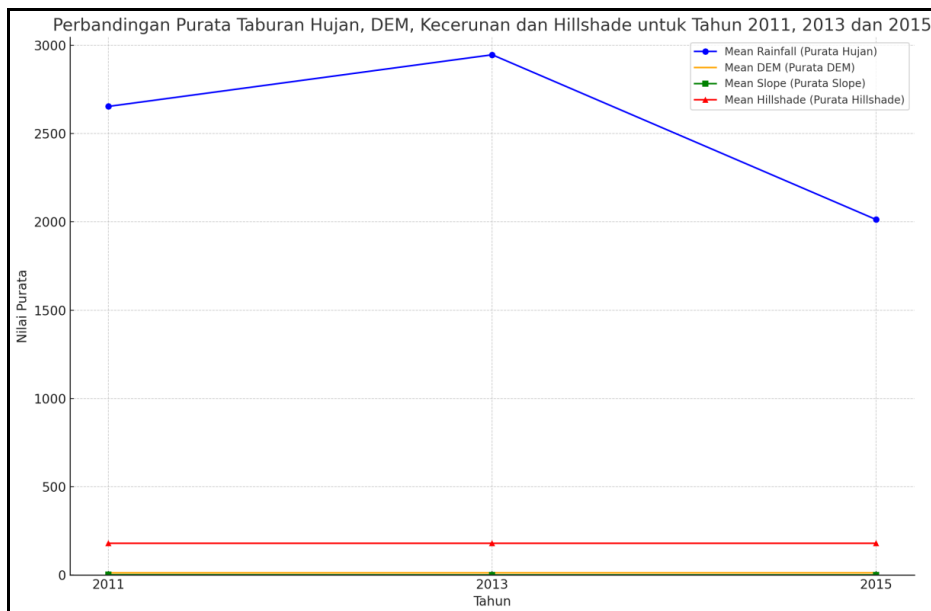
### ***Kecerunan (slope) yang rendah***

Kecerunan tanah yang lebih rendah ditunjukkan di dalam kedua dua tahun iaitu tahun 2013 dan 2015 yang merekodkan data purata kecerunan  $0.53^{\circ}$  hingga  $1.46^{\circ}$ . Hal ini demikian menunjukkan bahawa tanah di kawasan ini hampir rata atau landai. Kesannya, kadar kecerunan yang rendah ini menyebabkan air tidak dapat mengalir dengan cepat dan bertakung yang meningkatkan potensi banjir di kawasan tersebut.

Tanah yang rata atau landai menyebabkan air mengalir lebih perlahan dan air terkumpul dalam tempoh yang lama, yang menyebabkan berlaku banjir yang berpanjangan. Ianya berbeza jika kawasan tersebut yang lebih curam, di mana larian air permukaan adalah tinggi tidak boleh mengalir dengan cepat.

### ***Perubahan model ketinggian digital (DEM) dan kontur tanah***

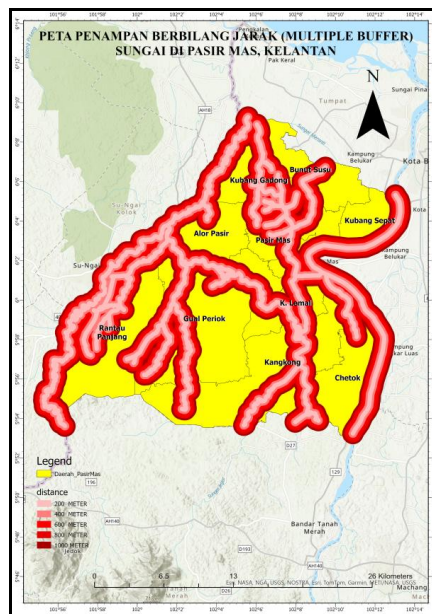
Berlakunya perubahan sedikit yang telah berlaku sekitar 5 tahun yang telah dikaji. Ketinggian tanah dan kontur antara tahun 2011, 2013, dan 2015 hanya menunjukkan peratus perubahan bentuk permukaan tanah tidak banyak (*Rajah 6*). Walaupun begitu, perubahan kecil ini, kawasan rendah sememangnya berisiko kepada berlakunya banjir tambahan lagi jika sistem saliran tidak berfungsi dengan baik. Bentuk muka bumi yang berubah walaupun dalam kadar yang kecil boleh mempengaruhi corak aliran air semasa hujan lebat, dan ini boleh menyebabkan genangan air yang lebih lama, menyumbang kepada banjir. Tahun 2013 merupakan tahun yang merekodkan purata hujan yang paling tinggi berbanding dengan tahun lain, yang berkemungkinan berkait rapat dengan kejadian banjir teruk. Meskipun data daripada DEM, Slope, dan Hillshade tidak menunjukkan perubahan besar, tetapi data taburan hujan yang tinggi menjadikan tahun ini lebih berisiko untuk berlaku kejadian banjir yang teruk. Pada tahun 2015, dengan purata taburan hujan yang rendah, dan kecerunan yang lebih rendah, melihatkan kebarangkalian kurang berisiko untuk berlakunya banjir berbanding tahun-tahun lain. Secara keseluruhan, berdasarkan analisis graf ini, Pada tahun 2013 menunjukkan faktor yang jelas kelihatan sebagai tahun yang sangat berpotensi besar untuk banjir, disebabkan oleh hujan yang lebih banyak, meskipun faktor-faktor lain seperti DEM, slope, dan hillshade tidak banyak berubah.



**Rajah 6.** Graf perbandingan purata taburan hujan, DEM, kecerunan dan hillshade untuk tahun 2011, 2013 dan 2015.

Peta menggunakan pelbagai zon penampakan di sekitar sungai untuk menganalisis sejauh mana kawasan berbeza di Pasir Mas, Kelantan, daripada sistem sungai (*Rajah 7*). Zon penampakan ini amat berguna dalam perancangan dan pengurusan alam sekitar.

Penampungan berjarak dari 200 meter hingga 1000 meter, dengan warna yang berbeza mewakili setiap jarak. (1) 200 meter “buffer”: Ini adalah zon banjir berisiko tinggi, kerana ia adalah yang paling hampir dengan sungai. Kawasan ini berkemungkinan besar akan terjejas secara langsung oleh banjir semasa hujan lebat atau limpahan sungai. (2) 400 meter “buffer”: Risiko banjir masih ketara di zon ini, terutamanya semasa hujan lebat atau kejadian cuaca ekstrem. (3) 600 meter dan 800 meter “buffer”: kawasan yang lebih jauh dari sungai risiko banjirnya adalah rendah Kawasan ini mungkin mengalami banjir sekunder kerana air dari bahagian atas sungai mengalir ke hilir. (4) 1000 meter “buffer”: Ini adalah zon paling jauh dan secara amnya mewakili had terluar daripada pengaruh sungai. Zon paling luar ini mempunyai risiko banjir yang lebih rendah, tetapi ia masih terdedah, terutamanya jika wilayah tersebut mengalami cuaca ekstrem, limpahan sungai atau banjir kilat dari hulu.



**Rajah 7.** Peta Penampungan Berbilang Jarak (Multiple Buffer) Sungai di Pasir Mas, Kelantan.

Kawasan Paling Terdedah Kepada Banjir: (1) Pasir Mas (kawasan tengah), Alor Pasir, dan Kubang Gadong semuanya berhampiran dengan zon “buffer” 200-400 meter yang menjadikannya kawasan tersebut sangat terdedah kepada banjir di mana kawasan ini akan mengalami banjir terlebih dahulu terutamanya jika paras sungai meningkat dengan cepat. (2) Rantau Panjang, Kubang Sepat, dan Bunut Susu juga berada dalam zon penampungan dalaman dan boleh menghadapi risiko yang sama. (3) Lemal, Kangkong, dan Chetok berada dalam zon “buffer” luar (600-1000 meter), yang menyebabkan risiko berlaku banjir agak rendah.

## Kesimpulan

Kajian ini membuktikan bahawa banjir monsun di Mukim Pasir Mas bukan semata-mata fenomena bermusim tetapi kejadian melampau yang terhasil daripada gabungan faktor. Ini termasuk hujan lebat, topografi rendah, dan kedekatannya dengan sistem sungai utama. Pendekatan berasaskan GIS yang digunakan dalam kajian ini menggabungkan data hujan bersama DEM, cerun, kontur, teduhan bukit dan lapisan penampungan sungai untuk memberikan gambaran kritikal tentang dinamik dan corak

banjir dalam kawasan yang disiasat. Didapati bahawa tahun 2013 mencatatkan purata jumlah hujan tahunan tertinggi (2,946.34 mm) sekali gus mengesahkan betapa besarnya faktor pencetus hujan pada skala musim hujan yang sangat penting dalam musim hujan. atas wilayah tertentu ini. Satu lagi penemuan penting ialah ciri geografi Pasir Mas, yang terdiri daripada cerun tanah yang rendah antara  $0.53^\circ$  dan  $1.46^\circ$ . Bentuk muka bumi yang hampir rata menjadi halangan kepada aliran air yang pantas; oleh itu, ia kekal untuk tempoh yang lama. Walaupun DEM dan kontur mempamerkan perubahan yang sangat minimum dari 2011 hingga 2015, ini masih menjelaskan kelemahan struktur fizikalnya berkaitan kapasiti saluran semula jadi yang mana kerentanan banjir hanya boleh dikatakan berpunca bukan sahaja daripada kejadian hujan tetapi disokong kuat oleh ciri-ciri geomorfologi yang tidak menyokong aliran air yang berkesan sehingga memerlukan perancangan guna Tanah yang lebih strategik yang melibatkan antara lain mengawal kawasan-kawasan aliran sungai yang rendah dan juga kawasan-kawasan yang dikawal oleh Sungai Rendah.

Analisis zon penampungan sungai membantu mendedahkan dengan jelas hubungan antara jarak kawasan itu dari Kelantan dan Sungai Golok. Dalam jarak hanya 200-400 meter dari kedua-dua sungai, zon berisiko tinggi telah dikenal pasti di Rantau Panjang, Kubang Gadong, dan Alor Pasir. Ini adalah petunjuk bahawa corak petempatan, aktiviti ekonomi, dan pembangunan fizikal yang berlaku di kawasan ini perlu dikaji semula untuk mengurangkan pendedahan kepada banjir tahunan. Langkah-langkah mitigasi seperti penstabilan tebing di tebing sungai; amalan penyelenggaraan yang baik untuk sistem perparitan; pembinaan kolam simpanan/takungan ditambah penambahbaikan sistem amaran awal amat diperlukan. Pendekatan GIS telah berjaya memberikan gambaran yang jelas mengenai faktor/pola penyebab dan tahap risiko yang berkaitan dengan kejadian banjir monsun di Pasir Mas. Paling ketara, ia juga membuktikan bahawa aplikasi pemetaan sering ditafsirkan sebagai analisis geospasial tetapi sebenarnya mekanisme sokongan keputusan yang sangat berkesan untuk perancangan guna tanah, pengurusan risiko bencana, dan strategi penyesuaian perubahan iklim. Kertas kerja ini membuka ruang lebih lanjut untuk penyelidikan terutamanya melalui penyepaduan antara GIS dan simulasi hidrodinamik ke arah analisis kelemahan sosial di peringkat komuniti tempatan di bawah senario perubahan iklim. Secara ringkasnya, pelbagai faktor berbilang sebab yang saling menguatkan sehingga satu tahap di mana selagi kejadian hujan yang melampau bersama-sama dengan bentuk muka bumi landai yang terletak berhampiran dengan sistem sungai wujud; maka kerentanan banjir berterusan telah dijelaskan. Oleh itu, infrastruktur harus berdasarkan pemodelan spatial menggunakan GIS dalam rangka kerja penggubalan dasar Kelantan mengenai pengurusan risiko bencana supaya akhirnya tindak balas beralih kepada pengurusan risiko berdaya tahan pro-aktif.

## **Penghargaan**

Kajian ini dibiayai oleh pengarang.

## **Konflik Kepentingan**

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

## RUJUKAN

- [1] Ghosh, S., Mistri, B. (2015): Geographic Concerns on Flood Climate and Flood Hydrology in Monsoon-Dominated Damodar River Basin, Eastern India. – *Geography Journal* 16p.
- [2] Hoyt, W.G., Langbein, W.B. (1955): *Floods*. – Princeton University Press 469p.
- [3] Hussain, T.P.R.S., Ismail, H. (2016): Perubahan gunatanah dan kejadian banjir di Lembangan Saliran Kelantan. – *GEOGRAFIA: Malaysian Journal of Society and Space* 12(1): 118-128.
- [4] Ishak, N.S., Dali, A.M., Razak, M.R.A. (2014): Sejarah Banjir Besardi Semenanjung Malaysia, 1926–1971: Flood History in Peninsular Malaysia, 1926–1971. – *Perspektif Jurnal Sains Sosial dan Kemanusiaan* 6(3): 54-67.
- [5] Jafar, A., Sakke, N., Mapa, M.T., Saudi, A., Hassan, D., George, F. (2020): Pengaruh Monsun Terhadap Bahaya Banjir: Kajian Kes Dataran Banjir Beaufort, Sabah. – *Jurnal Kinabalu* 26(2): 165-182.
- [6] Ramos, C., Reis, E. (2002): Floods in southern Portugal: their physical and human causes, impacts and human response. – *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 7(3): 267-284.
- [7] Tangang, F.T., Juneng Liew, J.L., Salimun, E., Sei KwanMeng, S.K., Le LohJui, L.L., Halimatun Muhamad, H.M. (2012): Climate change and variability over Malaysia: gaps in science and research information. – *Sains Malaysiana* 41(11): 1355-1366.
- [8] Yusof, N.H.M. (2019): Pattern of flooding in Kelantan due to extreme rainfall and tidal phenomenon. – *Universiti Teknologi Malaysia* 78p.
- [9] Yusoff, S.Y.M., Thomas, R. (2021): Pemetaan Titik Panas Banjir Kilat Di Kuala Lumpur: Pemetaan Titik Panas Banjir. – *Malaysian Journal of Tropical Geography (MJTG)* 47(1 and 2): 123-142.
- [10] Zal, W.A. (2018): Ketahanan Komuniti Mangsa Bencana Banjir Di Pantai Timur Semenanjung Malaysia Dalam Konteks Modal Komuniti [Community Resilience Among Flood Victims In The East Coast Of Peninsular Malaysia In The Context Of Community Capitals]. – *Journal of Nusantara Studies (JONUS)* 3(2): 41-53.