

**PENGARUH MONSUN TERHADAP BAHAYA BANJIR: KAJIAN  
KES DATARAN BANJIR BEAUFORT, SABAH  
*THE EFFECT OF MONSOON TOWARDS FLOOD HAZARD:  
CASE STUDY OF FLOOD PLAINS IN BEAUFORT, SABAH***

ADI JAFAR<sup>1</sup> NORDIN SAKKE<sup>2</sup> MOHAMMAD TAHIR MAPA<sup>3</sup> AZALI SAUDI<sup>4</sup>  
DIANA HASSAN<sup>5</sup> FIONNA GEORGE<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,6</sup>Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Malaysia Sabah  
88400 Kota Kinabalu, Sabah

<sup>4</sup>Fakulti Sains Komputeran dan Informatik, Universiti Malaysia Sabah  
88400 Kota Kinabalu, Sabah

<sup>5</sup>Fakulti Sains dan Sumber Alam, Universiti Malaysia Sabah,  
88400 Kota Kinabalu, Sabah  
*ajums86@yahoo.com.my*

*Tarikh dihantar: 3 Julai 2020 / Tarikh diterima: 14 Oktober 2020*

**ABSTRAK** Jumlah hujan yang tinggi merupakan salah satu penyebab kejadian banjir. Intensiti atau jumlah hujan di satu-satu kawasan pula dipengaruhi oleh fenomena musim monsun. Pantai timur Semenanjung misalnya mempunyai purata jumlah hujan yang tinggi ketika musim monsun timur laut. Keadaan ini menyebabkan berlakunya peningkatan terhadap tahap bahaya banjir ketika musim tersebut di pantai timur Semenanjung. Daerah Beaufort merupakan salah satu kawasan *hot spot* banjir di Sabah. Oleh itu, kajian ini ingin mengenal pasti sama ada kejadian banjir yang berlaku di daerah Beaufort juga dipengaruhi oleh fenomena monsun. Justeru, data hidrologi yang diperoleh dari Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS) telah diintegrasikan bersama data pengukuran tikas di kawasan kajian bagi menentukan ciri-ciri banjir sepanjang tempoh sepuluh tahun (2009–2018). Data dianalisis menggunakan perisian *Anaconda Python* versi 3.7 melalui aplikasi *Pandas*. Melalui analisis tersebut, ciri-ciri banjir seperti aras kedalaman, tempoh masa kejadian dan kekerapan banjir diperoleh. Kajian ini mendapati tahap bahaya banjir di daerah Beaufort adalah lebih dominan pada musim monsun timur laut berbanding monsun barat daya. Walhal, purata jumlah hujan didapati lebih tinggi pada musim monsun barat daya. Ia menunjukkan tahap bahaya banjir di daerah Beaufort tidak dipengaruhi sepenuhnya oleh fenomena angin monsun.

**Kata kunci:** Banjir, monsun, monsun timur laut, monsun barat daya, dataran banjir Beaufort.

**ABSTRACT** High rainfall is a major cause of floods. The intensity or amount of rainfall in one area is influenced by the monsoon season. The east coast Peninsular Malaysia, for example, has a high average rainfall during the northeast monsoon season. This has led to an increase in the flood risk during the season particularly on the east coast Peninsular. Beaufort District is one of the flood hot spots in Sabah. Therefore, this study seeks to determine whether flood events occurring in the Beaufort area are also influenced by monsoon phenomena. Therefore, the hydrological data obtained from the Department of Irrigation and Drainage were integrated with the strandline measurement data in the study area to determine the characteristics of the flood over a period of 100 years (2009–2018). The data were then analyzed using Anaconda Python version 3.7 software through the Pandas application. Through these analyzes, the characteristics of floods such as depth, duration and frequency of floods are obtained. This study found that the level of flood hazard in the Beaufort area was more dominant during the northeast monsoon than in the southwest monsoon. However, the average rainfall was higher during the southwest monsoon season. This indicates that the level of flood hazard in the Beaufort area is not completely affected by the monsoon phenomenon.

**Keywords:** Flood, monsoon, northeast monsoon, southwest monsoon, Beaufort flood plains.

## PENGENALAN

Jumlah hujan yang tinggi merupakan salah satu penyebab berlakunya banjir khususnya bagi kawasan yang terletak di hilir lembangan (Woro Estiningtyas, 2009). Fenomena angin monsun pula merupakan salah satu aspek yang mempengaruhi jumlah hujan di satu-satu kawasan (Chan, 2000). Kawasan yang terdedah dengan tiupan angin monsun timur laut cenderung mempunyai jumlah hujan yang tinggi semasa musim tersebut, manakala sebaliknya pula bagi kawasan yang terdedah dengan tiupan angin monsun barat daya. Pantai timur Semenanjung misalnya sering dilanda banjir pada musim monsun timur laut berikutan jumlah hujan yang tinggi di kawasan tersebut ketika itu (Mohd Aizat Shamsuddin, 2014).

Walau bagaimanapun, selain daripada jumlah hujan yang tinggi akibat pengaruh musim monsun, terdapat faktor lain yang menyumbang kepada berlakunya kejadian banjir di kawasan hilir. Pembinaan empangan contohnya akan menyebabkan jumlah aliran air di hilir tidak menentu (Sahabat Alam Malaysia, 2013). Keadaan ini boleh mengakibatkan berlakunya kejadian banjir di kawasan hilir sekiranya jumlah hujan di kawasan hulu adalah tinggi walaupun ketiadaan hujan di kawasan hilir. Hal ini demikian kerana isi padu air dalam jumlah yang banyak di empangan terpaksa dilepaskan ke kawasan hilir semasa hujan lebat berlaku. Dalam situasi yang lain, empangan juga boleh menjadi medium kawalan banjir di kawasan hilir (Jabatan Pengairan dan Saliran, 2019).

Situasi ini menggambarkan bahawa fenomena banjir di kawasan hilir lembangan boleh berlaku disebabkan oleh faktor semula jadi dan tidak semula jadi. Fenomena musim monsun merupakan salah satu contoh pengaruh semula jadi, manakala pembinaan empangan pula merupakan pengaruh tidak semula jadi. Oleh hal yang demikian, kajian ini ingin mengenal pasti pengaruh musim monsun terhadap bahaya banjir di dataran banjir Beaufort, Sabah. Pemahaman terhadap pengaruh satu-satu angkubah dan kesannya terhadap bahaya banjir akan memudahkan strategi pengurusan banjir dijalankan secara lebih efisien.

## **KAJIAN LITERATUR**

### **Fenomena Angin Monsun**

Istilah monsun yang bermaksud musim, berasal daripada perkataan arab iaitu *mausim* (Barry & Chorley, 1977; Jabatan Meteorologi Malaysia, 2020). Walau bagaimanapun, menurut Chan (2000) secara umumnya monsun juga boleh didefinisikan sebagai:

“Satu pola angin musiman yang bertiup tanpa perubahan arah untuk beberapa bulan, dan kemudiannya angin ini semata-matanya hilang untuk satu tempoh yang singkat, biasanya sebulan, dan kemudian bertiup pula dalam arah bertentangan untuk beberapa bulan lagi yang tinggal dalam satu tahun tersebut.”

Perbezaan besar terhadap taburan suhu dunia merupakan faktor kepada pembentukan pergerakan arah angin monsun. Suhu yang berubah mengikut musim dan kadar penyerapan sinaran matahari yang berbeza-beza di kawasan daratan dan lautan telah menghasilkan perbezaan tekanan di beberapa kawasan di muka bumi. Perbezaan tekanan merupakan teras kepada terjadinya pergerakan angin monsun (Chan, 2000).

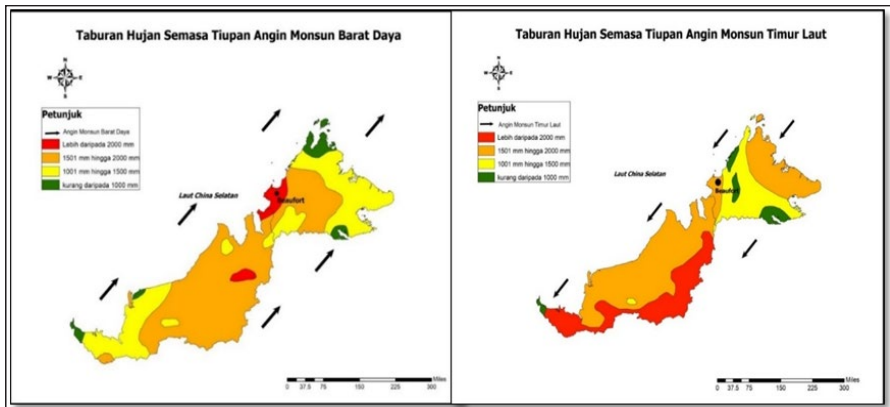
### **Sistem Angin Monsun di Malaysia**

Cuaca di Malaysia dicirikan oleh dua rejim monsun, iaitu monsun barat daya yang terjadi pada bulan Mei hingga September dan monsun timur laut yang berlaku pada bulan November hingga Mac (Jabatan Meteorologi Malaysia, 2020). Musim monsun timur laut juga dikenali sebagai “monsun musim dingin” (Chan, 2000). Jumlah kandungan wap air pada musim tersebut adalah tinggi hingga berpotensi menyebabkan berlakunya hujan lebat dalam jangka masa waktu yang panjang, terutamanya bagi kawasan Semenanjung Malaysia dan sekitarnya (Ooi *et al.*, 2013). Rentetan daripada itu, fenomena ini sering mencetuskan kejadian banjir di beberapa buah negeri khususnya yang terletak di pantai timur Semenanjung Malaysia dan barat Sarawak (Jabatan Meteorologi Malaysia, 2020) termasuklah negeri Kelantan, Terengganu dan Pahang (Ang, 2016).

Cuaca pada musim monsun barat daya pula relatifnya adalah lebih kering (Jabatan Meteorologi Malaysia, 2020). Hal ini disebabkan Semenanjung Malaysia khususnya yang terletak di bahagian pantai barat merupakan kawasan lindungan hujan. Banjaran pergunungan di Pulau Sumatera telah melindungi kawasan pantai barat Semenanjung Malaysia daripada tiupan angin monsun barat daya (Chan, 2000). Tempoh peralihan di antara dua monsun yang juga diistilahkan sebagai “musim perantaraan monsun” berlaku pada bulan April dan Oktober (Chan, 2000; Jabatan Meteorologi Malaysia, 2020). Pada kedua-dua musim perantaraan ini, kejadian hujan lazimnya dalam bentuk ribut petir yang berasal daripada hujan perolakan (Chan, 2000).

## Pengaruh Angin Monsun terhadap Jumlah Hujan di Daerah Beaufort

Bagi daerah Beaufort pula, jumlah hujan adalah dalam kadar yang tinggi di kedua-dua musim monsun, iaitu monsun barat daya dan monsun timur laut. Hal ini disebabkan oleh kedudukannya yang berhampiran dengan Laut China Selatan dan tidak terlindung oleh kawasan daratan. Kedua-dua tiupan angin monsun akan terlebih dahulu merentasi kawasan Laut China Selatan sebelum tiba di kawasan daratan daerah Beaufort. Tiupan angin monsun yang merentasi permukaan laut akan mengangkut kandungan wap-wap air dalam jumlah yang tinggi dan bertukar sifat menjadi angin basah (Chan, 2000). Kandungan lembapan udara yang tinggi dalam bentuk angin basah mengakibatkan kawasan daerah Beaufort mudah mengalami kejadian hujan lebat. Berdasarkan Rajah 1, purata jumlah curahan hujan di daerah Beaufort adalah lebih tinggi semasa musim monsun barat daya (>2000mm) berbanding monsun timur laut (1501mm–2000mm).



**Rajah 1** Purata taburan hujan di Daerah Beaufort berdasarkan musim monsun

Sumber: Diubah suai daripada Nurul Shazliana (t.t)

## BAHAYA BANJIR

Bahaya diertikan sebagai suatu peristiwa fizikal yang berbahaya dan berpotensi mengakibatkan kematian, kecederaan, kerosakan harta benda, gangguan ekonomi, gangguan sosial mahupun degradasi alam sekitar

(UNISDR, 2004). Bahaya boleh dikelaskan kepada tiga kategori, iaitu bahaya semula jadi, bahaya teknologi dan bahaya degradasi alam sekitar (Tarbotton *et al.*, 2015). Dickson *et al.* (2012) mengelaskan fenomena banjir dalam kategori bahaya semula jadi atau bahaya hidrometeorologi. Tahap bahaya banjir ditentukan berdasarkan ciri-ciri atau sifatnya (Tincu *et al.*, 2018) seperti kedalaman (Cancado *et al.*, 2008), hadlaju (Albanoa *et al.*, 2017), intensiti (Kreibich & Thielen, 2009), jumlah luahan (Messner & Meyer, 2005), tempoh masa kejadian dan kekerapan (Wika Ristya, 2012).

Wika Ristya (2012) dan Cancado *et al.* (2008) mengelaskan tahap bahaya banjir kepada tiga peringkat iaitu rendah, sederhana dan tinggi. Kejadian banjir yang berkedalaman kurang daripada 0.5 meter dikategorikan sebagai tahap bahaya rendah. Tahap bahaya sederhana adalah pada kedalaman 0.5 meter hingga 1.5 meter. Pada aras kedalaman ini, kejadian banjir mampu mengakibatkan kerosakan harta benda di dalam rumah, selain menyebabkan terhalangnya pergerakan. Kedalaman banjir yang melebihi 1.5 meter pula dikategorikan sebagai tahap bahaya tinggi kerana berpotensi menyebabkan berlakunya kerosakan kecil terhadap struktur rangka rumah. Pada peringkat ini juga risiko kehilangan nyawa adalah tinggi (Cancado *et al.*, 2008).

Selain itu, bahaya banjir dikategorikan pada tahap rendah sekiranya tempoh kejadian banjir adalah kurang daripada 24 jam. Tahap bahaya banjir peringkat sederhana dan tinggi masing-masing hanya akan terjadi apabila tempoh masa kejadian banjir berlaku selama 24 hingga 48 jam atau lebih daripada 48 jam. Dari segi kekerapan pula, jumlah kejadian banjir yang berlaku enam hingga sepuluh kali dan melebihi 11 kali setahun masing-masing dikelaskan dalam kategori bahaya sederhana dan tinggi (rujuk Jadual 1).

**Jadual 1** Pengelasan tahap bahaya banjir

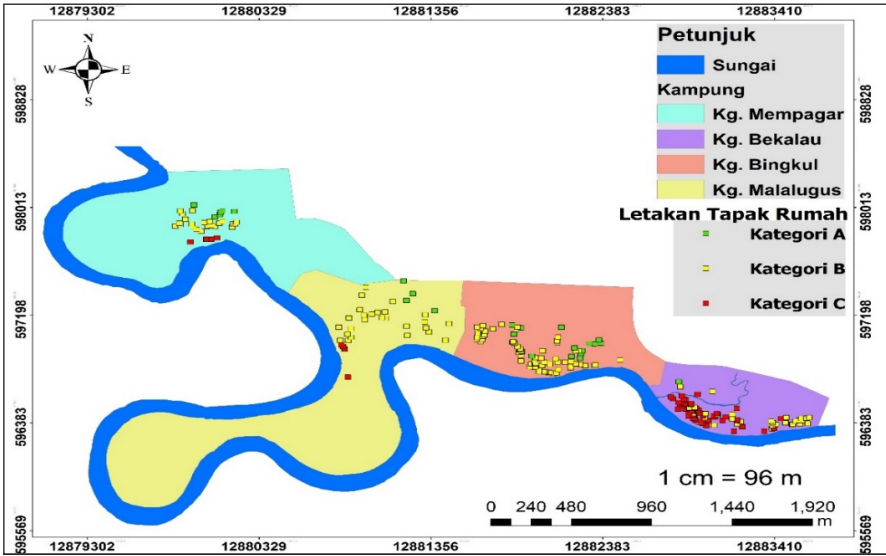
Ciri-Ciri Banjir	Kriteria	Tahap	Rujukan
Kedalaman Banjir	<0.5 meter	1 (rendah)	Cancado <i>et al.</i> (2008)
	0.5 – 1.5 meter	2 (sederhana)	
	>1.5 meter	3 (tinggi)	
Kekerapan Banjir dalam Satu Tahun	<6 peristiwa	1 (rendah)	Wika Ristya (2012)
	6–10 peristiwa	2 (sederhana)	
	>11 peristiwa	3 (tinggi)	
Tempoh Masa Kejadian Banjir	<24 jam	1 (rendah)	Wika Ristya (2012)
	24-48 jam	2 (sederhana)	
	>48 jam	3 (tinggi)	

*Sumber:* Diubah suai daripada Wika Ristya (2012) dan Cancado *et al.* (2008).

## LOKASI KAJIAN

Lokasi kajian iaitu Kampung Bekalau, Kampung Bingkul, Kampung Malalugus dan Kampung Mempagar terletak di daerah Beaufort, Sabah. Kedudukannya yang berada di bahagian hilir Lembangan Sungai Padas dan bertopografi rendah, iaitu kurang daripada 100 kaki dari paras laut (USGS, 2020) menjadikan kampung-kampung tersebut sebagai sebuah kawasan dataran banjir. Bersesuaian dengan keadaan topografinya yang landai menyebabkan kawasan tersebut sering dilanda banjir (Sitti, 2014; Mohd Izham, 2017). Keterdedahan penduduk kampung terhadap bahaya banjir dipengaruhi oleh paras ketinggian tapak rumah mereka. Berdasarkan Rajah 2, didapati terdapat tiga tahap ketinggian tapak rumah, iaitu kategori Kawasan A, B dan C. Sebahagian besar (64.7 peratus) penduduk kampung menetap di kawasan B. Sebanyak 11.6 peratus dan 23.7 peratus lagi membina rumah di kawasan A dan C. Paras ketinggian Kawasan C adalah yang terendah iaitu 6.27 meter daripada aras minimum bacaan stesen luahan. Sementara Kawasan A dan B masing-masing terletak di kawasan tertinggi (9.02 meter) dan sederhana tinggi (8.02 meter).

**Rajah 2** Taburan letakan tapak rumah di lokasi kajian



Sumber: Diubah suai daripada Google Earth, 2018.

## KAEDAH KAJIAN

Dalam kajian ini tahap bahaya banjir ditentukan berdasarkan beberapa angkubah iaitu kedalaman (Cancado *et al.*, 2008), tempoh masa dan kekerapan banjir (Wika Ristya, 2012). Angkubah kedalaman harus diperolehi terlebih dahulu sebelum mengetahui kekerapan dan tempoh masa banjir (Adi *et al.*, 2016). Justeru, data hidrologi dalam bentuk paras luahan digunakan bagi menentukan paras kedalaman banjir sepanjang tempoh sepuluh tahun bermula dari tahun 2009 hingga tahun 2018. Hal ini disebabkan tempoh data siri-masa (*time series*) sepanjang sepuluh tahun didapati sudah memadai untuk tujuan peramalan (Nur Hamiza Adenan, 2015). Data hidrologi (paras luahan air Sungai Padas) dalam kajian ini diperolehi dari Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS), cawangan Inanam.

Selain itu, untuk mengetahui paras kedalaman banjir di lokasi kajian, data hidrologi yang diperolehi perlu diintegrasikan bersama maklumat paras ketinggian tapak rumah penduduk. Maklumat berkenaan paras ketinggian tapak rumah diperolehi melalui proses pengukuran tikas (bekas aras banjir)



di lapangan menggunakan pita ukur. Tikas yang diukur adalah kesan yang terbentuk daripada kejadian banjir pada 21 Januari 2015. Peristiwa banjir tersebut merupakan salah satu siri kejadian banjir terbesar sepanjang tempoh kajian. Untuk mendapatkan nilai paras ketinggian tapak rumah penduduk, nilai ukuran paras ketinggian tikas haruslah ditolak dengan nilai bacaan puncak luahan pada 21 Januari 2015. Sebanyak 241 bilangan buah rumah dijadikan sampel dalam kajian ini (rujuk Rajah 2). Saiz sampel ditentukan berdasarkan formula yang diutarakan oleh Yamane (1967).

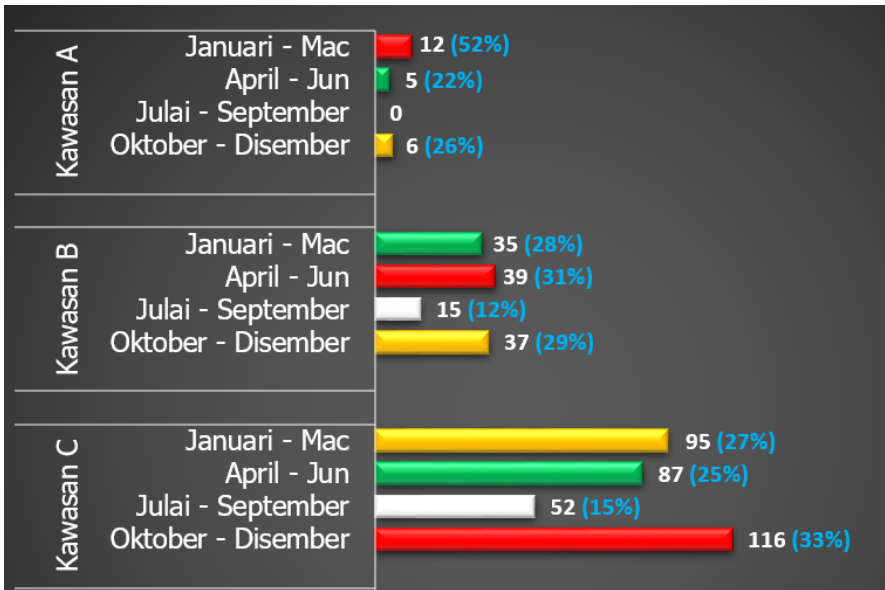
Data hidrologi yang diperolehi kemudiannya dianalisis menggunakan perisian *Anaconda Python* versi 3.7 melalui aplikasi *Pandas*. Tujuannya adalah agar dapat menentukan nilai kekerapan dan durasi kejadian banjir berdasarkan tahap kedalamannya sepanjang tempoh sepuluh tahun. Data tersebut seterusnya dipersembahkan secara deskriptif dalam bentuk nilai kekerapan dan peratus. Tahap bahaya banjir untuk ketiga-tiga angkubah dalam kajian ini dikelaskan berdasarkan kajian Wika Ristya (2012) dan Cancado *et al.* (2008) (rujuk Jadual 1).

## **DAPATAN KAJIAN**

Rajah 3 menunjukkan kekerapan kejadian banjir di tiga kategori kawasan sepanjang tempoh sepuluh tahun. Pengelasan jumlah kekerapan kejadian banjir adalah berdasarkan empat suku tahun iaitu suku tahun pertama, kedua, ketiga dan keempat. Bagi kategori Kawasan A, jumlah kekerapan kejadian banjir yang paling tinggi adalah pada suku tahun pertama (12 kes), kemudian diikuti pada suku tahun keempat (enam kes). Sebaliknya pula bagi kategori Kawasan C, didapati jumlah kejadian banjir tertinggi dan kedua tertinggi masing-masing adalah pada suku tahun keempat (116 kes) dan suku tahun pertama (95 kes). Persamaan kedua-dua kategori kawasan ini adalah jumlah kekerapan kejadian banjir adalah tinggi pada musim monsun timur laut, iaitu pada suku tahun pertama dan suku tahun keempat. Perbezaannya adalah fenomena monsun timur laut berlaku pada keseluruhan bulan (Januari, Februari dan Mac) pada suku tahun pertama. Sementara di suku tahun keempat fenomena monsun timur laut hanya terjadi pada bulan November dan Disember, manakala pada bulan Oktober adalah musim peralihan monsun barat daya ke timur laut.

Bagi kategori Kawasan B, jumlah kekerapan kejadian banjir tertinggi berlaku pada suku tahun kedua iaitu sebanyak 39 kes. Kekerapan kejadian banjir kedua dan ketiga tertinggi pula masing-masing adalah pada suku tahun keempat (37 kes) dan suku tahun pertama (35 kes). Walau bagaimanapun, kajian ini mendapati kadar perbezaan jumlah peratusan di Kawasan B bagi ketiga-tiga suku tahun tersebut adalah lebih rendah berbanding dengan perbezaan kadar peratusan di Kawasan A dan Kawasan C. Buktinya, perbezaan jumlah kekerapan kejadian banjir antara suku tahun kedua dengan suku tahun keempat dan suku tahun kedua dengan suku tahun pertama di Kawasan B masing-masing hanya sebanyak dua peratus dan tiga peratus. Jumlah kekerapan kejadian banjir paling rendah pula adalah pada suku tahun ketiga, iaitu hanya sebanyak 52 kes bagi kawasan C dan 15 kes bagi kawasan B. Bagi kawasan A pula, didapati tidak pernah berlaku kejadian banjir pada suku tahun tersebut. Pada suku tahun ini (Julai, Ogos, September), fenomena monsun barat daya terjadi. Secara umumnya, jumlah kekerapan kejadian banjir dominannya adalah lebih tinggi pada musim monsun timur laut berbanding pada musim monsun barat daya.

**Rajah 3** Kekerapan kejadian banjir dalam tempoh sepuluh tahun di tiga kategori kawasan



Rajah 4 menunjukkan ciri-ciri banjir berdasarkan aspek kedalaman dan tempoh masa kejadian bagi kategori Kawasan B. Berdasarkan rajah tersebut, didapati jumlah kejadian banjir tertinggi pada paras kedalaman melebihi 1.5 meter adalah pada suku tahun pertama dan suku tahun kedua, iaitu masing-masing sebanyak sembilan kes. Sekiranya dibandingkan antara kedua suku tahun tersebut, jumlah kejadian banjir pada tahap sederhana (0.5 meter–1.5 meter) didapati lebih tinggi pada suku tahun pertama (lima kes) berbanding pada suku tahun kedua (tiga kes). Kajian ini juga mendapati jumlah kekerapan kejadian banjir yang melebihi paras kedalaman 1.5 meter adalah paling rendah pada suku tahun keempat (satu kes). Hal ini disebabkan sebahagian besar (36 kes) kejadian banjir yang berlaku pada suku tahun tersebut mempunyai paras kedalaman kurang daripada 1.5 meter. Suku tahun ketiga pula menunjukkan kedalaman banjir yang agak terkawal berbanding pada suku tahun lainnya. Analisis mendapati jumlah kejadian banjir yang berlaku dengan paras kedalaman melebihi 1.5 meter pada suku tahun tersebut hanya sebanyak dua kes. Selebihnya lagi iaitu sebanyak tiga kes dan sepuluh kes masing-masing terjadi pada paras kedalaman 0.5 meter hingga 1.5 meter (bahaya sederhana) dan kurang daripada 0.5 meter (bahaya rendah).

Selain itu, kajian ini juga mendapati trend angkubah tempoh masa kejadian banjir adalah hampir serupa dengan trend angkubah kedalaman banjir (rujuk Rajah 4). Buktinya, tahap bahaya banjir tertinggi daripada aspek tempoh masa kejadian adalah pada suku tahun pertama, kemudian diikuti pada suku tahun kedua. Didapati, sebanyak tiga kes kejadian banjir yang berlaku dalam tempoh masa melebihi 24 jam berjaya direkodkan pada suku tahun pertama. Sebanyak 16 kes lagi berlaku dalam tempoh 24 hingga 48 jam pada suku tahun yang sama. Pada suku tahun kedua pula, sebanyak dua kes kejadian banjir berlaku dalam tempoh masa melebihi 48 jam dan sebanyak 13 kes lagi berlaku dalam tempoh masa 24 hingga 48 jam. Dapatan jugak menunjukkan tidak berlaku kes kejadian banjir yang melebihi tempoh masa 48 jam pada suku tahun ketiga dan keempat. Kejadian banjir yang berlaku dalam tempoh masa 24 hingga 48 jam pula hanyalah sebanyak tujuh kes pada suku tahun ketiga dan 11 kes pada suku tahun keempat. Hal ini menunjukkan bahawa tahap bahaya banjir sama ada daripada aspek kedalaman mahupun tempoh masa kejadian adalah paling tinggi pada suku tahun pertama dan paling rendah pada suku tahun ketiga.

**Rajah 4** Kekejapan banjir berdasarkan tahap kedalaman dan tempoh masa kejadian sepanjang sepuluh tahun di kategori Kawasan B

Suku tahun	Januari – Mac (1)			April – Jun (2)			Julai – September (3)			Oktober – Disember (4)		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
Kedalaman	21	5	9	27	3	9	10	3	2	30	6	1
Tempoh	16	16	3	24	13	2	8	7	0	26	11	0
Jumlah	35			39			15			37		

Bagi kategori Kawasan C pula, jumlah kejadian banjir tertinggi (32 kes) yang berlaku melebihi paras kedalaman 1.5 meter adalah pada suku tahun pertama. Jumlah kejadian banjir kedua dan ketiga tertinggi dengan paras kedalaman yang sama pula masing-masing terjadi pada suku tahun keempat (30 kes) dan suku tahun kedua (22 kes). Sementara pada suku tahun ketiga, jumlah kejadian banjir yang mempunyai paras kedalaman melebihi 1.5 meter hanya sebanyak 11 kes. Jumlah kejadian banjir yang berkedalaman 0.5 meter hingga 1.5 meter pula paling tinggi pada suku tahun keempat (45 kes) dan kemudian berkurang sedikit pada suku tahun pertama (39 kes). Pada suku tahun ketiga, jumlah kejadian banjir dengan paras kedalaman yang sama adalah yang paling sedikit (14 kes).

Selain itu, tempoh masa kejadian banjir yang lebih panjang cenderung berlaku pada suku tahun pertama. Buktinya, sebanyak 30 kes kejadian banjir berlaku pada suku tahun tersebut dalam tempoh masa lebih daripada 48 jam. Pada suku tahun kedua dan suku tahun keempat pula jumlah, kejadian banjir dalam kategori yang sama adalah kedua (26 kes) dan ketiga tertinggi (22 kes). Jumlah kekerapan kejadian banjir berdurasi melebihi 48 jam adalah paling sedikit pada suku tahun ketiga (12 kes). Kejadian banjir yang berdurasi 24 jam hingga 48 jam pula dominan berlaku pada suku tahun keempat (19 kes) dan paling sedikit pada suku tahun ketiga (4 kes). Ia menunjukkan bahawa tahap bahaya banjir yang paling tinggi sama ada daripada aspek kedalaman mahupun tempoh masa kejadian adalah pada suku tahun pertama, manakala pada suku tahun ketiga adalah yang paling rendah. Sementara daripada aspek kedalaman, tahap bahaya pada suku tahun keempat adalah lebih tinggi berbanding suku tahun kedua namun sebaliknya daripada aspek tempoh masa kejadian.

**Rajah 5** Kekerapan banjir berdasarkan tahap kedalaman dan tempoh masa kejadian sepanjang sepuluh tahun di kategori Kawasan C

Suku tahun	Januari – Mac (1)			April – Jun (2)			Julai – September (3)			Oktober – Disember (4)		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
Tahap												
Kedalaman	24	39	32	38	27	22	27	14	11	41	45	30
Tempoh	55	10	30	49	12	26	36	4	12	75	19	22
Jumlah	95			87			52			116		

Rajah 6 menunjukkan tahap bahaya banjir berdasarkan musim monsun barat daya dan musim monsun timur laut. Bagi Kawasan B, jumlah kekerapan kejadian banjir tertinggi secara keseluruhannya adalah pada suku tahun pertama dan suku tahun keempat (musim peralihan monsun barat daya ke timur laut hingga musim monsun timur laut) iaitu sebanyak 72 kes. Sementara hanya 54 kes berlaku pada suku tahun kedua dan suku tahun ketiga (musim peralihan monsun barat daya ke timur laut hingga musim monsun barat daya). Dalam erti lain, jumlah kejadian banjir pada suku tahun pertama dan suku tahun keempat adalah 14 peratus lebih tinggi berbanding pada suku tahun kedua dan suku tahun ketiga. Daripada aspek kedalaman pula, jumlah kejadian banjir berkedalaman melebihi 1.5 meter (bahaya tinggi) adalah lebih tinggi pada suku tahun kedua dan suku tahun ketiga (11 peratus), berbanding pada suku tahun pertama dan suku tahun keempat (10 peratus). Namun begitu, sebaliknya pula bagi kedalaman banjir di tahap bahaya sederhana dan bahaya rendah. Kajian ini juga mendapati jumlah kejadian banjir adalah lebih tinggi bagi semua peringkat tempoh masa pada suku tahun pertama dan suku tahun keempat, berbanding pada suku tahun kedua dan suku tahun ketiga.

Bagi kategori Kawasan C, jumlah kekerapan kejadian banjir pada suku tahun pertama dan suku tahun keempat adalah 20 peratus lebih tinggi berbanding suku tahun kedua dan suku tahun ketiga. Analisis juga mendapati jumlah kejadian banjir dengan kedalaman melebihi 1.5 meter adalah hampir sekali kali ganda lebih tinggi pada suku tahun pertama dan suku tahun keempat (62 kes), berbanding pada suku tahun kedua dan suku tahun ketiga (33 kes). Hal yang hampir sama juga berlaku pada paras kedalaman banjir 0.5 meter hingga 1.5 meter (bahaya sederhana). Sementara daripada aspek

tempoh masa kejadian banjir pula menunjukkan jumlah kekerapan yang lebih tinggi pada suku tahun pertama dan suku tahun keempat, berbanding pada suku tahun kedua dan suku tahun ketiga untuk ketiga-tiga kategori tempoh masa. Buktinya, jumlah kejadian banjir yang berlaku melebihi tempoh masa 48 jam adalah 14 kes lebih tinggi pada suku tahun pertama dan suku tahun keempat berbanding dua suku lainnya. Bagi tempoh masa kejadian banjir 24 hingga 48 jam dan kurang dari 24 jam pula masing-masing adalah 13 kes dan 45 kes lebih tinggi. Dalam kajian ini, kategori Kawasan A tidak diulas secara lanjut disebabkan tahap bahaya banjir di kawasan tersebut masih dalam keadaan terkawal.

**Rajah 6** Tahap bahaya banjir berdasarkan musim monsun barat daya dan monsun timur laut di kategori Kawasan B dan Kawasan C

Kategori	Kawasan B						Kawasan C					
	Suku 1 & Suku 4			Suku 2 & Suku 3			Suku 1 & Suku 4			Suku 2 & Suku 3		
Tahap	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
Kedalaman	51	11	10	37	6	11	65	84	62	65	41	33
Tempoh	42	27	3	32	20	2	130	29	52	85	16	38
Kekerapan	72 (57%)			54 (43%)			211 (60%)			139 (40%)		
<b>Jumlah</b>	<b>126 (100%)</b>						<b>350 (100%)</b>					

## PERBINCANGAN

Umumnya, tahap bahaya banjir sama ada di Kawasan B mahupun di Kawasan C dominannya lebih tinggi semasa musim monsun timur laut berbanding pada musim monsun barat daya. Ia termasuklah dari aspek kekerapan, kedalaman dan tempoh masa kejadian (rujuk Rajah 6). Tahap bahaya banjir yang paling rendah adalah pada bulan Julai hingga September (suku tahun ketiga) yang merupakan musim monsun barat daya sepenuhnya (rujuk Rajah 5 dan Rajah 6). Hal ini menunjukkan bahawa kejadian banjir yang terjadi di daerah Beaufort adalah tidak selari dengan penerimaan jumlah hujan. Purata jumlah hujan yang lebih rendah, iaitu pada musim monsun timur laut (1501mm–2000mm) menghasilkan tahap bahaya banjir yang lebih tinggi

berbanding ketika musim monsun barat daya dengan purata jumlah hujan melebihi 2000 mm (rujuk Rajah 1). Walhal, intensiti atau jumlah hujan yang tinggi merupakan salah satu faktor penyebab berlakunya banjir (Woro Estiningtyas, 2009; Try Al Tanto, 2014).

Hal ini menunjukkan bahawa terdapat faktor lain yang menyumbang kepada berlakunya peningkatan tahap bahaya banjir terutamanya pada musim monsun timur laut. Salah satunya adalah fenomena air pasang besar (canselori.umt.edu.my, 2016). Kedudukan daerah Beaufort yang terletak di bahagian hilir Sungai Padas dan mempunyai keadaan topografi yang rendah, rata dan hampir sama dengan aras laut semasa air pasang besar menyebabkan daerah tersebut mudah digenangi air walaupun semasa bukan musim tengkujuh (Johan Aziz, 2016). Hal ini disebabkan, ketika terjadinya air pasang, kenaikan paras laut boleh menjangkau 10 kilometer ke hulu sungai (canselori.umt.edu.my, 2016). Ciri-ciri topografi lokasi kajian menjadi pemangkin kepada terjadinya kejadian banjir walaupun dalam situasi jumlah hujan yang diterima adalah minimum (Try Al Tanto, 2014).

Fenomena air pasang besar akan memperlahan atau memperlambatkan penurunan aras banjir di kawasan hilir sungai walaupun dalam keadaan tempoh kejadian hujan yang pendek. Hal ini menjelaskan bahawa tempoh masa kejadian banjir juga sangat dipengaruhi oleh kejadian pasang surut air laut. Oleh hal yang demikian, tahap bahaya banjir yang tinggi ketika musim monsun timur laut dikaitkan dengan pengaruh air pasang surut laut. Kebarangkalian berlakunya hujan dan air pasang besar secara serentak adalah tinggi pada musim monsun timur laut sehingga meningkatkan tahap bahaya banjir. Operasi Empangan Panggi yang terletak di daerah Tenom didapati tidak mempengaruhi jumlah aliran sungai di daerah Beaufort disebabkan stesen tersebut merupakan jenis hidro '*run off river*'. Hal ini disebabkan stesen jenis hidro '*run off river*' tidak mempunyai empangan (water reservoir) untuk menyimpan air bagi tujuan pengoperasian stesen (Johan Aziz, 2016).

## KESIMPULAN

Tahap bahaya banjir di satu-satu kawasan khususnya yang terletak di bahagian hilir lembangan tidak sepenuhnya dipengaruhi oleh musim monsun. Terdapat juga aspek-aspek lain yang boleh mempengaruhi tahap bahaya banjir seperti keadaan topografi kawasan dan fenomena pasang surut air laut. Bagi sesetengah kawasan lain, tahap bahaya banjir di kawasan hilir lembangan juga lazimnya dipengaruhi oleh faktor tidak semula jadi seperti operasi empangan. Dengan memahami ciri-ciri banjir (bahaya banjir) dan faktor yang mempengaruhinya memudahkan kerja-kerja pengurusan banjir dijalankan secara lebih efisien. Ia termasuklah pada fasa sebelum, semasa dan selepas banjir. Langkah-langkah persediaan menghadapi banjir boleh dilakukan lebih awal dan sistematik sekiranya ciri-ciri banjir di kawasan yang terlibat difahami.

## RUJUKAN

- Adi Jafar, Mohammad Tahir Mapa & Nordin Sakke. (2016). Impak aktiviti pembangunan terhadap trend kekerapan dan magnitud banjir di Lembangan Sungai Menggatal, Kota Kinabalu, Sabah. *Jurnal Kinabalu*, 12, 97–116.
- Albanoa, R., Mancusib, L., & Abbate, A. (2017). Improving flood risk analysis for effectively supporting the implementation of flood risk management plans: The case study of “Serio” Valley. *Environmental Science & Policy*, 75, 158–172.
- Ang Kean Hua. (2016). Persepsi masyarakat terhadap bencana banjir monsun di Malaysia: Kajian kes Kota Bharu, Kelantan. *Geografia: Malaysian Journal of Society and Space*, 12(9), 24–31.
- Barry & Chorley. (1977). *Atmosphere, weather and climate*. London: Methuen.
- Cancado, V., Brasil, L., Nascimento, N., & Guerra, A. (2008). Flood risk assessment in an urban area: Measuring hazard and vulnerability the Manhuaçu case-study. *11th International Conference on Urban Drainage*. 1–10.
- Canselori.umt.edu.my. (2016). Fenomena air pasang besar. 22 September 2016. Dilayari pada 6 Oktober 2020.
- Chan Ngai Weng. (2000). *Asas kaji iklim*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Dickson, E., Baker, J., L., Hoorweg, D., & Tiwari, A. (2012). *Urban risk assessments understanding disaster and climate risk in cities*. Washington: The World Bank.
- Google Earth. (2018).
- Jabatan Meteorologi Malaysia. (2020). Fenomena cuaca. Diakses daripada [www.met.gov.my](http://www.met.gov.my) pada 15 Mei 2020.



- Jabatan Pengairan dan Saliran. (11 Julai 2019). Taklimat projek rancangan tebatan banjir Sungai Muda sempena lawatan dari *National Disaster Management Agency* (NADMA). Pejabat Pengurusan Lembangan Sungai Muda.
- Johan Aziz. (19 November 2016). Cabaran kakitangan bertugas di Stesen Hidro Tenom Pangi. *Utusan Borneo* (Sabah).
- Kreibich, H., & Thieken, A., H. (2009). Coping with floods in the city of Dresden, Germany. *Natural Hazards*, 51(3), 423–436.
- Messner, F., & Meyer, V. (2005). Flood damage, vulnerability and risk perception challenges for flood damage research. In Schanze., C, Zeman., J., & Marsalek., J. (Eds.). *Flood Risk Management: Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures*. Switzerland: Springer Nature.
- Mohd Aizat Shamsuddin. (20 November 2019). Monsun ingatkan tragedi Bah Kuning 2014. *Berita Harian Online*.
- Mohd Izham Unnip Abdullah. (3 Jun 2017). 27 kawasan di Beaufort dilanda banjir. *Berita Harian online*.
- Nur Hamiza Adenan. (2015). Analisis dan peramalan data siri masa aliran sungai dengan menggunakan pendekatan kalut. Tesis Doktor Falsafah (Tidak diterbitkan). Universiti Utara Malaysia, Sintok, Kedah.
- Nurul Shazliana. (t.t). Faktor-faktor yang mempengaruhi cuaca dan iklim. Dilayari daripada <http://www.slideshare.net> pada 1 Jun 2020.
- Ooi, SH, Samah., A., & Braesicke., P. (2013). Primary productivity and its variability in the equatorial South China Sea during the Northeast Monsoon. *Journal of Atmospheric Chemistry and Physics (ACPD)*, 13, 21573–21608.
- Sahabat Alam Malaysia. (2013). *Empangan dan kesan-kesannya*. Pulau Pinang: Sahabat Alam Malaysia.
- Sitti Nor Azizah Talata. (24 November 2014). Beaufort dilanda Banjir. *Utusan Online*.
- Tarbotton. C., Dall’Osso. F., Dominey-Howes. D., & Goff. J. (2015). The use of empirical vulnerability functions to assess the response of buildings to tsunami impact: Comparative review and summary of best practice. *Earth-Science Reviews*, 142, 120–134.
- Tincu, R., Zezere, J., L., & Lazar, G. (2018). Identification of elements exposed to flood hazard in a section of Trotus river, Romania. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 9(1), 950–969.
- Try Al Tanto. (2014). Pengaruh air laut pasang dan curah hujan tinggi terhadap banjir Daerah Bungus-Kota Padang. *Conference Seminar Sains Atmosfer*, Indonesia. 24 June 2014.
- UNISDR. (2004). *Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives* (Vol. 1). New York and Geneva: United Nations.
- USGS (2020) Science of changing world, <https://earthexplorer.usgs.gov>.
- Wika Ristya. (2012). Kerentanan wilayah terhadap banjir di sebahagian cekungan Bandung. Tesis Sarjana (Tidak diterbitkan). Universitas Indonesia, Depok.

- Woro Estiningtyas, Rizaldi Boer & Agus Buono. (2009). Analisis hubungan curah hujan dengan kejadian banjir dan kekeringan pada wilayah dengan sistem usahatani berbasis padi di Propinsi Jawa Barat. *Agromet*, 23(1), 11–19.
- Yamane, T. (1967). *Statistics: An introductory analysis*. New York: Harper and Row.