

## **Menentukan Masa Minimum Antara Peristiwa (MIT) Curahan Hujan Dengan Menggunakan Kaedah Nix**

**Noor Erdhiha Mohd Basri<sup>1</sup> & Nur Syereena Nojumuddin<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Jabatan Pengurusan Pengeluaran dan Operasi, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan,  
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit Raja, Batu Pahat, Johor, 86400  
MALAYSIA

\*Corresponding Author Designation

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2020.01.01.032>

Received 30 September 2020; Accepted 01 November 2020; Available online 01 December 2020

**Abstract:** Rainfall details are essential for effective water resource management especially in operating hydraulic structures. In Malaysia, the frequency of floods, especially in urban areas, causes huge losses and damage to property and the environment. Rainfall generation models are very important as historical data sets are often inadequate. As such, this study uses the Nix method approach to achieve the objectives of the study. Therefore, 10 years of rainfall data from 2005 to 2014 in the States of Kelantan and Terengganu have been used to determine the minimum inter-event time (MIT) to isolate the rainfall events. This analysis is applied using Dev-C++ software that has been programmed to facilitate the analysis of rainfall data. The results of the study found that the appropriate MIT values for Kelantan and Terengganu are 8 hours and 9 hours, respectively.

**Keywords:** Minimum Inter-Event Time, Rainfall Event

**Abstrak:** Perincian hujan adalah penting untuk pengurusan sumber air secara efektif terutamanya untuk mengendalikan struktur hidraulik. Di Malaysia, kekerapan banjir terutamanya di kawasan bandar menyebabkan kerugian dan kerosakan yang amat besar terhadap harta benda dan alam sekitar. Model penjana hujan sangat penting memandangkan set data sejarah selalunya tidak mencukupi. Oleh hal yang demikian, kajian ini menggunakan pendekatan kaedah Nix untuk mencapai objektif kajian. Oleh itu, 10 tahun data curahan hujan daripada tahun 2005 sehingga tahun 2014 di Negeri Kelantan dan Terengganu telah digunakan untuk menentukan masa minimum antara peristiwa (MIT) yang sesuai bagi mengasingkan peristiwa curahan hujan tersebut. Analisa ini diaplikasikan dengan menggunakan perisian Dev-C++ yang telah diprogramkan untuk memudahkan data curahan hujan tersebut dianalisa. Keputusan kajian mendapati nilai MIT yang bersesuaian bagi Negeri Kelantan dan Negeri Terengganu masing-masing ialah 8 jam dan 9 jam.

**Keywords:** Masa Minimum Antara Peristiwa, Peristiwa Curahan Hujan

## 1. Pengenalan

Kajian mengenai curahan hujan telah menarik perhatian ramai para saintis dan pengkaji dari seluruh dunia. Kajian terdahulu telah dilakukan untuk menyiasat perubahan corak hujan secara sementara dan khusus. Sesetengah penemuan menunjukkan aliran positif yang ketara dalam hujan seperti analisis di Amerika Syarikat (Karl & Knight 1998), pusat Argentina (Lucero & Rozas 2002), utara dan tengah Itali (Brunetti *et al.*, 2001) dan pusat rantau Australia (Gallant *et al.*, 2007). Di samping itu, penurunan hujan juga boleh didapati di beberapa bahagian dunia seperti Nigeria (Hess *et al.*, 1995), China Utara (Gong *et al.*, 2004), Kenya (Kipkorir 2002) dan Sicily (Cannarozzo *et al.*, 2006).

Curah hujan tahunan didapati menurun di rantau Asia Tenggara antara tahun 1961 dan 1998 dan bilangan hari hujan menurun secara signifikan di kebanyakan negara Asia Tenggara (Manton *et al.*, 2001). Di samping itu, data hujan tahunan dan hujan monsun di lembah Ganga di India dalam tempoh 1901 hingga 1989 juga menunjukkan trend menurun (Kothyari & Singh 1996). Kajian yang dijalankan di kawasan pergunungan Sri Lanka menunjukkan bahawa hujan tahunan menurun antara 1964 dan 1993 dan penurunan tertinggi dicatatkan pada bulan Mac hingga April (Herath & Ratnayake 2004). Sementara itu, bilangan hari hujan di rantau ini juga menurun, menyebabkan peningkatan aliran intensiti hujan.

Dalam tahun-tahun kebelakangan ini, beberapa kejadian ekstrem dan kemarau telah dilaporkan di Malaysia. Contohnya, kejadian hujan ekstrem dari 9 hingga 11 Disember 2004 menyebabkan banjir teruk di pantai timur Semenanjung Malaysia (Juneng *et al.*, 2007). Di samping itu, disebabkan oleh lonjakan musim sejuk di monsun timur laut, hujan lebat yang luar biasa berlaku di bahagian selatan Semenanjung Malaysia selama beberapa hari pada akhir Disember 2006 dan pada pertengahan Januari 2007, menyebabkan banjir besar di rantau ini (Jabatan Met Malaysia 2006, 2007). Merujuk kepada Tangang *et al.* (2008), pengaruh dari pusaran Borneo, Angin Madden-Julian, dan Laut India Dipole juga memainkan peranan penting dalam menyumbang kepada banjir besar-besaran sepanjang tempoh tersebut.

### 1.1 Latar belakang kajian

Dalam tahun-tahun kebelakangan ini, beberapa kejadian ekstrem dan kemarau telah dilaporkan di Malaysia. Contohnya, kejadian hujan ekstrem dari 9 hingga 11 Disember 2004 menyebabkan banjir teruk di pantai timur Semenanjung Malaysia (Juneng *et al.*, 2007). Di samping itu, disebabkan oleh lonjakan musim sejuk di monsun timur laut, hujan lebat yang luar biasa berlaku di bahagian selatan Semenanjung Malaysia selama beberapa hari pada akhir Disember 2006 dan pada pertengahan Januari 2007, menyebabkan banjir besar di rantau ini (Jabatan Met Malaysia 2006, 2007). Merujuk kepada Tangang *et al.* (2008), pengaruh dari pusaran Borneo, Angin Madden-Julian, dan Laut India Dipole juga memainkan peranan penting dalam menyumbang kepada banjir besar-besaran sepanjang tempoh tersebut.

### 1.2 Pernyataan Masalah

Senario kejadian banjir dan kemusnahan akibat banjir bukan sahaja direkodkan di Malaysia tetapi juga di seluruh dunia. Menurut Pertubuhan Meteorologi Sedunia (WMO), kejadian banjir merupakan bencana alam ketiga terdasyat di dunia dan bencana ini telah mengorbankan ribuan nyawa serta memusnahkan harta benda nilaian ratusan juta. Misalnya, kejadian banjir besar di Beijing, China pada 17 Julai 2011 telah menyebabkan lebih daripada 460 orang terbunuh atau hilang dan memaksa pemindahan ke atas lebih 2.3 juta orang (Foon Weng Lian, 2013).

Pada tahun 2011 juga, negara Thailand telah dilanda banjir besar iaitu terburuk dalam tempoh 50 tahun yang melanda 28 daripada 77 wilayahnya (satu pertiga) daripada Thailand telah digenangi banjir

untuk tempoh masa berbulan-bulan. Seramai 2.45 juta penduduk dari lebih 10,000 kampung di 24 wilayah di kawasan utara dan tengah Thailand telah dilanda banjir secara berperingkat-peringkat mulai 25 Julai 2011. Lebih 900 kilang (200,000 pekerja) terjejas akibat dilanda banjir yang turut meragut 373 nyawa. Lebih 800,000 buah rumah dianggarkan musnah, 720,000 penduduk dirawat ekoran jangkitan kuman air dan stres. Malah, tujuh kawasan perindustrian besar di utara Bangkok dihentikan operasinya dan 640,547 orang pekerja tidak bekerja sementara (sektor industry) (Foon Weng Lian, 2013).

Kejadian bencana banjir di Semenanjung Malaysia pula, begitu sinonim dengan kawasan Pantai Timur (Kelantan, Terengganu dan Pahang). Fenomena banjir dianggap sebagai bencana apabila kejadiannya membawa bahaya dan risiko yang tinggi seperti kematian, kemusnahan harta benda, terputusnya kemudahan asas dan memberikan kesan psikologi atau trauma kepada mangsanya (Chan & Parker, 2000).

Kejadian banjir sebenarnya bukan hanya memberikan kesan secara fizikal dan persekitaran sahaja malah bencana ini juga mampu meninggalkan kesan secara mendalam (psikologi) kepada mangsa yang pernah mengalaminya. Kajian mengenai kesan banjir secara dalaman (psikologi) pernah dilakukan oleh Chan (1995), kepada isi rumah yang menghuni dataran banjir di Malaysia termasuklah di Kuala Lumpur, Pulau Pinang, Pekan (Pahang) dan Kelantan. Hasil mendapati terdapat kesan psikologi yang dialami oleh mangsa banjir iaitu dari segi tekanan jiwa, kesihatan, kebimbangan dan kekacauan ekoran daripada kerosakan dan kemusnahan harta benda yang dialami penduduk.

### 1.3 Soalan Kajian

- (i) Apakah nilai purata kedalaman hujan bagi setiap stesen di Kelantan dan Terengganu dengan menggunakan analisis diskriptif?
- (ii) Apakah nilai sebenar masa minimum antara peristiwa (MIT) yang sesuai untuk menghasilkan curahan hujan dan peristiwa tersebut dengan menggunakan kaedah NIX?

### 1.4 Objektif Kajian

- (i) Untuk menentukan nilai purata kedalaman hujan bagi setiap stesen di Kelantan dan Terengganu dengan menggunakan analisis diskriptif.
- (ii) Untuk menentukan nilai sebenar masa minimum antara peristiwa (MIT) yang sesuai untuk menghasilkan curahan hujan dan peristiwa tersebut dengan menggunakan kaedah NIX.

### 1.5 Kepentingan Kajian

Hasil kajian ini juga dapat membantu pengurusan perancangan sumber air negeri dengan mengenal pasti zon-zon hujan dalam sesebuah wilayah selain dapat membantu peramalan kejadian banjir dan pengurusan bencana alam dengan lebih berkesan terutamanya di kawasan yang menerima curahan hujan yang maximum setiap hujung tahun seperti Terengganu dan Kelantan di Semenanjung Malaysia.

Kajian ini juga penting dalam membantu memudahkan penghasilan bacaan data masa minimum antara setiap peristiwa hujan yang direkodkan bagi setiap jam di kawasan zon hujan Negeri Kelantan yang terkini dengan menggunakan kaedah analisa Nix. Walaupun kajian ini hanya tertumpu di pantai timur Semenanjung Malaysia, khususnya di Kelantan, namun kajian ini dapat dijadikan sebagai rujukan untuk kajian-kajian yang seterusnya. Selain itu, kajian ini juga dapat menilai implikasi perubahan terhadap aspek hidro-klimatologi (banjir dan bekalan air) yang berlaku di Semenanjung Malaysia, khususnya di pantai timur agar persediaan awal dapat dilakukan sekiranya berlakunya banjir atau kekurangan bekalan air.

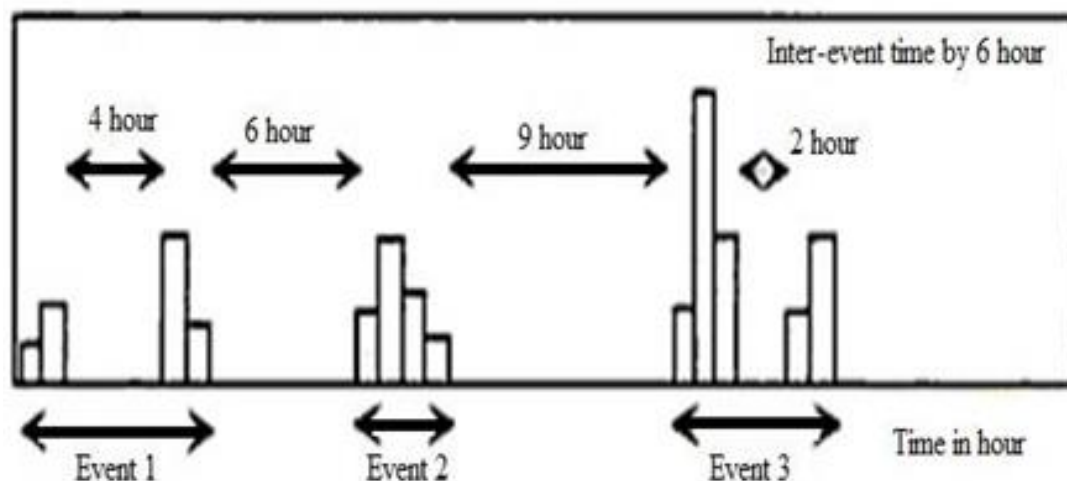
## 1.6 Skop Kajian

Dalam skop kajian ini, data curahan hujan setiap jam dari 10 buah stesen dapatan data meteorologi iaitu dari sumber Jabatan Meteorologi Malaysia (JMM) telah digunakan. Tempoh data yang diambil bagi menjalankan kajian ini adalah bermula dari tahun 2005 sehingga 2014. Stesen-stesen yang dipilih khususnya meliputi zon pantai timur di Semenanjung Malaysia khususnya di Kelantan dan Terengganu. Pemilihan stesen tersebut adalah berdasarkan kepada kedudukan geografi dan juga ketersediaan data di kawasan tersebut.

## 2. Kajian Literatur

Kajian sebelum ini menggunakan pelbagai kaedah, di mana kaedah tersebut diguna pakai bagi tujuan menentukan nilai masa minimum antara peristiwa (MIT) yang paling sesuai. Nilai MIT perlu ditetapkan untuk menentukan permulaan dan penghujung peristiwa curahan hujan. MIT ditentukan antara masa atau tempoh hujan berpanjangan yang terdiri daripada satu atau lebih jam berturut. Oleh itu, dua kelompok yang dipisahkan oleh tempoh hujan tanpa nilai MIT dianggap sebagai satu peristiwa (Rajah 1). Sebaliknya, jika tempoh hujan adalah sama atau lebih besar daripada MIT, ribut dianggap sebagai dua peristiwa berasingan. Oleh itu, tempoh hujan mungkin dianggap bebas antara satu sama lain kerana sistem cuaca yang menyebabkan peristiwa pertama berpindah keluar dari kawasan itu dan sistem cuaca baru ditetapkan untuk peristiwa kedua.

Sementara itu, tempoh hujan yang singkat mungkin tidak terpisah kerana tempoh basah boleh menjadi sebahagian daripada sistem ribut yang sama. Oleh sebab itu, pemisahan antara peristiwa boleh dibuat dengan menggunakan MIT yang lebih lama. Walau bagaimanapun, MIT yang lebih lama akan meningkatkan tempoh peristiwa kerana jurang antara peristiwa hujan menjadi tertangguh seperti yang digambarkan. Oleh itu, MIT terpendek sentiasa dianggap lebih signifikan dan tepat. Kajian telah menunjukkan di South Carolina bahawa jurang hujan tidak termasuk dalam peristiwa hujan panjang yang berjumlah 75% daripada jumlah tempoh kejadian (Powell *et al.* 2007).



**Rajah 1: Pemisahan peristiwa hujan dengan MIT**

Menurut Shamsudin *et al.* (2010), kajian tentang nilai MIT yang berbeza telah dibuktikan melalui kajian lepas dalam pelbagai situasi. Penyelidikan hidrologi yang berkaitan dengan hakisan tanah, kelembapan berterusan dan tanah gersang, reka bentuk sistem penuaian hujan, pemasangan model hujan dan nilai MIT yang digunakan dalam sistem mengawal banjir adalah dari 15 minit hingga 24 jam bergantung kepada fenomena (Dunkerley, 2008). Dua belas buah lokasi yang berbeza digunakan untuk

memodelkan intensiti hujan di Semenanjung Malaysia dengan menggunakan data hujan setiap jam. Masa pemisahan ribut enam jam telah digunakan dan kekerapan hujan lebih tinggi di semenanjung di mana, ia mencatat perbezaan dari 115 hingga 198 setahun dengan intensiti sederhana antara 2.32 hingga 3.88mm/hr (Shamsudin *et al.* 2010). Dalam mengira risiko menuai di bawah keadaan separa gersang, tiga puluh tahun data intensiti hujan digunakan dan keputusan menunjukkan bahawa kira-kira 94% hingga 96% daripada jumlah harian sebenarnya adalah sama dengan jumlah peristiwa untuk stesen di kawasan gambut Highveld di Afrika Selatan.

Tiga jam ribut Masa pemisah digunakan dalam kajian ini (Tsubo *et al.*, 2005). Cattan *et al.* (2006) menggunakan korelasi antara hujan dan larian untuk menentukan peristiwa hujan sebagai musim di mana tidak ada jurang lebih daripada 15 minit di antara dua dapatan takungan berturut-turut, dan penjaan larian sebagai tempoh di mana tidak ada gangguan dalam aliran air selama 5 minit. Kriteria lain seperti masa pengeringan kanopi digunakan sebagai cara menentukan nilai yang harus digunakan sebagai MIT (Marin *et al.*, 2000).

Burgueno *et al.* (1994) di Barcelona, Sepanyol menggunakan 1, 2 dan 3 jam sementara Palynchuk dan Guo (2008) di Toronto, Kanada mengenalpasti kejadian ribut tunggal berdasarkan MIT selama 6 jam. Bonta dan Shahalam (2003) di Invercargill, New Zealand menggunakan jangka waktu minimum keadaan kering untuk data bulan Mei dan Jun yang menghasilkan masa pengedaran eksponen antara ribut 507 min dan 564 min.

Vandenbergh (2010) menggunakan kriteria jangka masa kering 24 jam untuk siri 105 tahun sepanjang 10 min hujan di Uccle, Belgium. Terdapat pelbagai nilai yang digunakan untuk nilai MIT dari 3 min hingga 24 jam tetapi nilai-nilai 6-8 jam digunakan secara meluas dalam banyak kajian yang diterbitkan, contohnya Loukas dan Quick (1996) di British Columbia; Asdak *et al.* (1998) di Indonesia; Tobon *et al.* (2000) di Amazonia; Manfroi *et al.* (2004) di Borneo; Agnese *et al.* (2006) di Mediterranean dan Murakami (2006) di Jepun. Terdapat juga penyelidik yang menggunakan MIT lebih daripada 8 jam dalam penyelidikan mereka. Guo dan Urbonas (2002) menggunakan tiga yang berbeza iaitu MIT 6 jam, 12 jam dan 24 jam untuk pengkelompokan peristiwa ribut tunggal dari rekod hujan berterusan di tujuh kawasan metropolitan di Amerika Syarikat. Shrestha (2013) di United State mencadangkan 6 jam hingga 72 jam tempoh kering antara waktu minimum untuk peristiwa ribut yang berasingan dalam kajian analisis persentil.

### 3. Kaedah Kajian

Kaedah Nix 1994 merupakan kaedah yang digunakan dalam kajian ini untuk menganggar nilai MIT yang sesuai dari hubungan antara MIT dan purata peristiwa hujan tahunan yang diperhatikan dalam analisis statistik. Selain itu, kaedah ini juga memerlukan satu plot bilangan purata hujan tahunan yang diperhatikan berkaitan dengan MIT yang disertakan dengan kiraan pekali autokorelasi. MIT yang sesuai dipilih dengan memerhatikan masa apabila peningkatan MIT tidak menyebabkan perubahan ketara dalam bilangan peristiwa tersebut. Langkah-langkah menentukan MIT menggunakan kaedah Nix, perlu dilakukan bagi menentukan MIT dengan menggunakan 1994:

Langkah 1: Kenal pasti bilangan peristiwa curahan hujan menggunakan MIT dari 1-12 jam

Langkah 2: Kira bilangan purata peristiwa hujan tahunan

Langkah 3: Plot bilangan purata peristiwa hujan tahunan yang diperhatikan berkaitan MIT

Langkah 4: Tentukan MIT dengan memerhatikan masa apabila peningkatan lebih lanjut dalam MIT tidak mengakibatkan perubahan signifikan jumlah peristiwa yang diperhatikan.

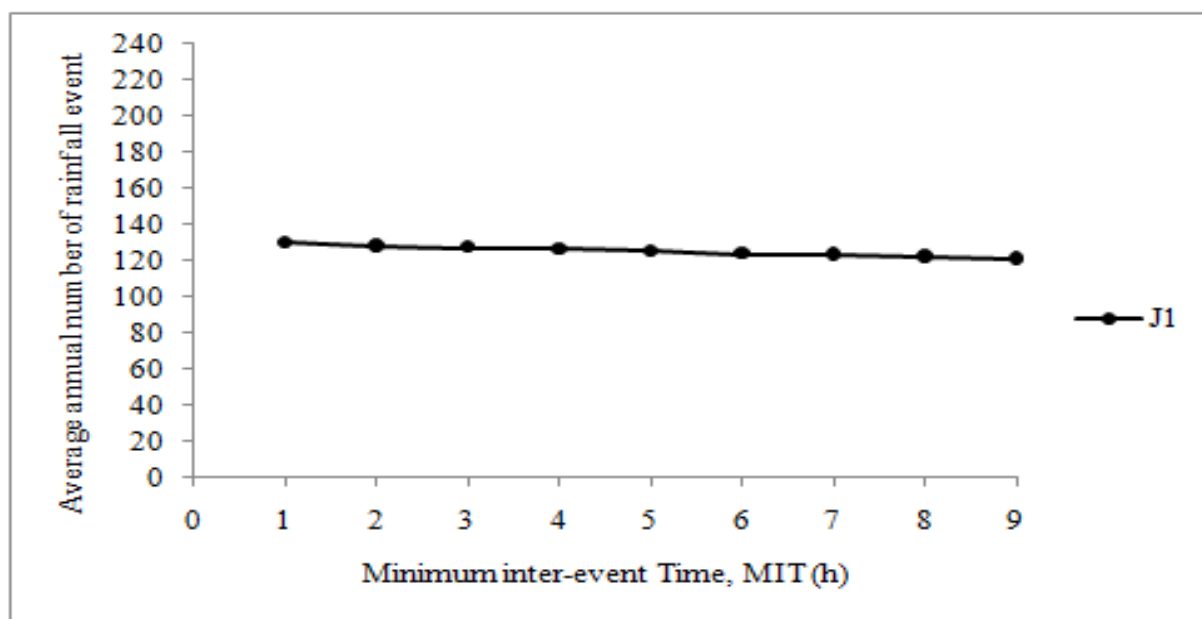
Contoh pengiraan bagi menentukan nilai MIT yang paling sesuai seperti di bawah:

**Jadual 1: Bilangan curahan hujan di kawasan kajian di J1**

MIT	1	2	3	...	11	12
Number of rainfall event	651	641	636	...	582	566

**Jadual 2: Bilangan purata curahan hujan tahunan di kawasan J1**

MIT	1	2	3	...	11	12
Average annual number of rainfall event	$= \frac{651}{5}$	$= \frac{641}{5}$	$= \frac{636}{5}$	...	$= \frac{582}{5}$	$= \frac{566}{5}$
	= 130.2	= 128.2	= 127.2		= 116.4	= 113.2



**Rajah 2: Graf penentu nilai MIT yang paling sesuai**

MIT yang paling sesuai adalah ditentukan dengan mengambil kira daripada pemerhatian graf tersebut, di mana nilai dari titik pertama sehingga titik terakhir yang berkadar sekata dan paling hampir dengan nilai 0.

#### 4. Dapatan dan Perbincangan

Analisis diskriptif dilakukan terhadap 10 tahun data curahan hujan per jam dari purata tahun 2005 sehingga tahun 2014 untuk kesemua stesen di Terengganu dan Kelantan seperti yang ditunjukkan dalam jadual di bawah. Nilai kedalaman hujan yang lebih besar dari 0.2 mm dan ke atas dikategorikan sebagai hari lembap dan termasuk di dalam analisis data.

##### 4.1 Analisis Diskriptif di Terengganu

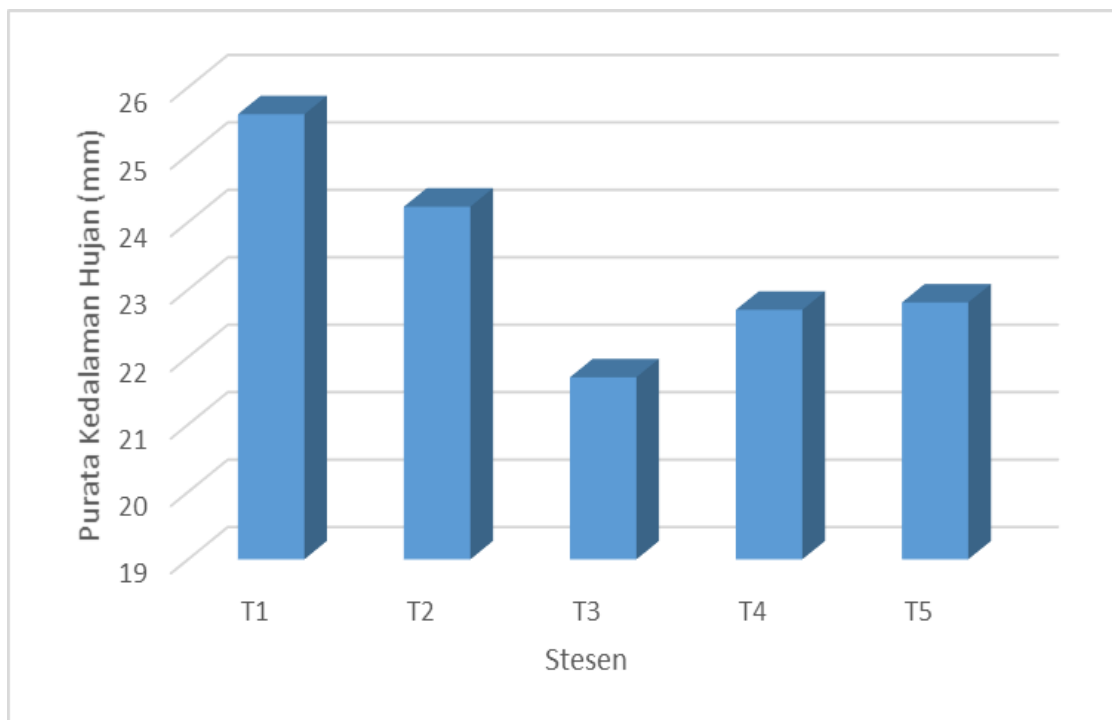
Terengganu merupakan negeri yang beriklim tropikal, dengan suhu purata 28 sehingga 38 °C dan menerima hujan yang tinggi setiap tahun. Kebiasaanya negeri ini terjadi musim monsun timur laut pada bulan November sehingga Januari.

Jadual 3 menunjukkan nilai purata bagi setiap stesen tadahan hujan di Terengganu. Data menunjukkan nilai purata bagi keseluruhan stesen adalah di antara 21.7 mm sehingga 25.6 mm kedalaman hujan yang telah terhasil.

**Jadual 3: Statistik kedalaman hujan di Terengganu**

MIT	Nilai Purata
T1	25.6
T2	24.23
T3	21.7
T4	22.7
T5	22.81

Rajah 3 di atas menunjukkan nilai purata kedalaman untuk kesemua stesen di Terengganu. Berdasarkan graf tersebut, purata paling tinggi ialah di stesen T1 dengan nilai purata 25.6 mm. Manakala nilai purata kedalaman hujan yang paling rendah pula di stesen T3 iaitu 21.7 mm.



**Rajah 3: Purata kedalaman setiap stesen di Terengganu**

#### 4.2 Analisis Diskriptif di Kelantan

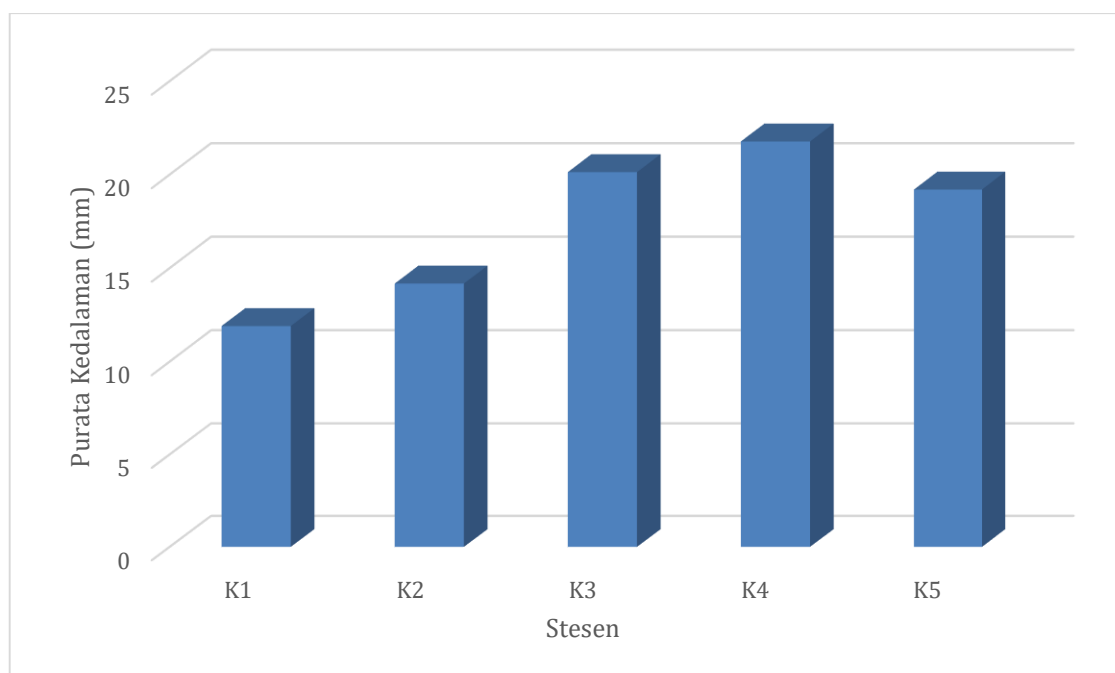
Kelantan merupakan negeri yang beriklim tropikal, dengan suhu purata 21 sehingga 32 °C dan menerima hujan yang tinggi setiap tahun. Kebiasaanya negeri ini mengalami musim monsun timur laut pada bulan November sehingga Januari.

Jadual 4 menunjukkan nilai purata bagi setiap stesen tadahan hujan di Kelantan. Data menunjukkan nilai purata bagi keseluruhan stesen adalah di antara 11.9 mm sehingga 21.77 mm kedalaman hujan yang telah terhasil.

**Jadual 4: Statistik kedalaman hujan di Kelantan**

MIT	Nilai Purata
K1	11.9
K2	14.17
K3	20.13
K4	21.77
K5	19.2

Rajah 4 di atas menunjukkan nilai purata kedalaman untuk kesemua stesen di Kelantan. Berdasarkan graf tersebut, purata paling tinggi ialah di stesen K4 dengan nilai purata 21.77 mm. Manakala nilai purata kedalaman hujan yang paling rendah pula di stesen K1 iaitu 11.9 mm.



**Rajah 4: Purata kedalaman setiap stesen di Kelantan**

#### 4.3 Kaedah Nix (1994)

Kaedah Nix, 1994 merupakan kaedah yang digunakan dalam kajian ini untuk menganggar nilai MIT yang sesuai dari hubungan antara MIT dan purata peristiwa hujan tahunan yang diperhatikan dalam analisis statistik. MIT yang sesuai dipilih dengan memerhatikan masa apabila peningkatan MIT tidak menyebabkan perubahan ketara dalam bilangan peristiwa tersebut.

(a) Menentukan masa minimum antara peristiwa (MIT) yang sesuai mengikut kaedah Nix di Terengganu.

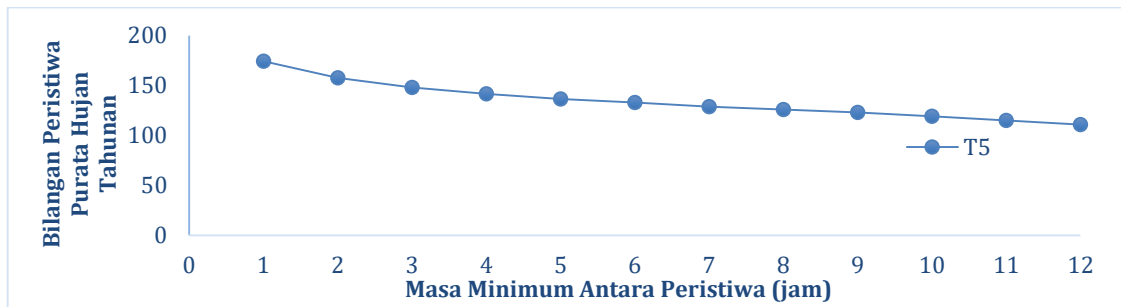
**Jadual 5: Bilangan peristiwa curahan hujan di T1**

MIT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bilangan peristiwa curahan hujan	1745	1579	1481	1416	1365	1331	1290	1259	1230	1192	1152	1110



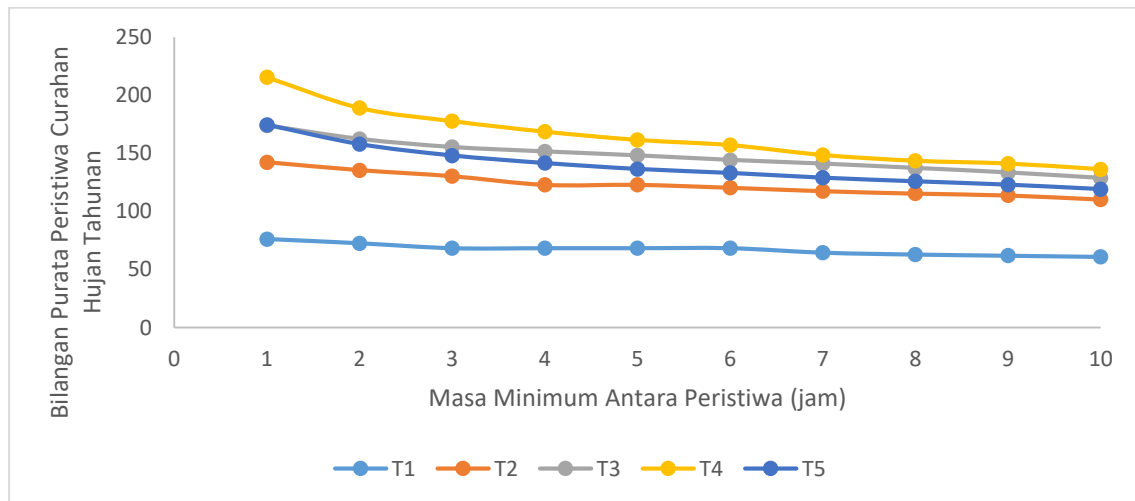
**Jadual 6: Bilangan purata peristiwa curahan hujan tahunan di T1**

MIT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bilangan purata peristiwa curahan hujan tahunan	$\frac{1745}{10}$	$\frac{1579}{10}$	$\frac{1481}{10}$	$\frac{1416}{10}$	$\frac{1365}{10}$	$\frac{1331}{10}$	$\frac{1290}{10}$	$\frac{1259}{10}$	$\frac{1230}{10}$	$\frac{1192}{10}$	$\frac{1152}{10}$	$\frac{1110}{10}$
	174.5	157.9	148.1	141.6	136.5	133.1	129	125.9	123	119.2	115.2	111



**Rajah 5: Bilangan purata peristiwa hujan tahunan dengan masa minimum antara peristiwa (MIT)**

Bagi menentukan nilai MIT yang paling sesuai adalah dengan melihat pada lengkungan dari titik pertama sehingga titik yang terakhir pada graf yang telah diplotkan, di mana salah satu titik tersebut adalah paling hampir dengan nilai 0. Berdasarkan keputusan daripada gambar rajah di atas, MIT yang paling sesuai di kawasan T1 adalah 9 jam.



**Rajah 6: Bilangan purata peristiwa curahan hujan untuk nilai MIT 1-10 jam di Terengganu**

Dengan menggunakan kaedah Nix (1994), bilangan purata peristiwa hujan tahunan untuk 5 buah stesen di Terengganu dan nilai MIT 1 hingga 10 jam diplot seperti dalam gambar rajah di atas. Melalui keputusan daripada graf tersebut, ia dapat diperhatikan dengan melihat bilangan purata peristiwa hujan tahunan semakin menurun apabila nilai MIT semakin meningkat dan garisan menjadi semakin kelihatan sekata pada titik MIT 9 jam. Oleh itu, MIT yang paling sesuai bagi Terengganu adalah pada titik 9 jam,

disebabkan pada titik tersebut, tiada lagi berlakunya perubahan ketara terhadap nilai peristiwa curahan hujan.

(b) Menentukan masa minimum antara peristiwa (MIT) yang sesuai menggunakan kaedah Nix di Kelantan.

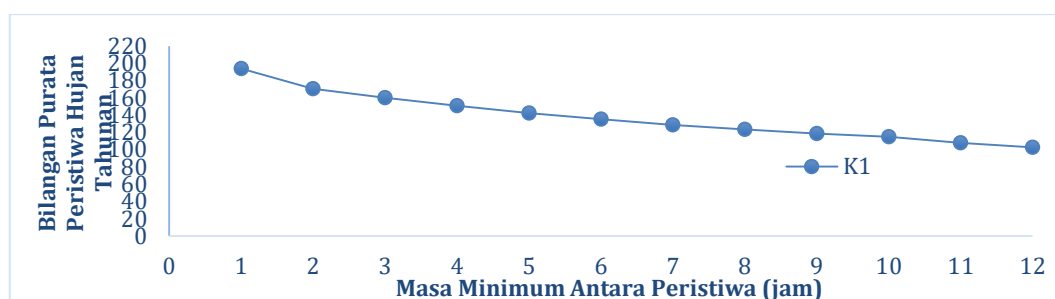
Berdasarkan keputusan pada Rajah 7, MIT yang paling sesuai di kawasan K1 adalah 9 jam dengan melihat pada lengkukan dari titik pertama sehingga titik yang terakhir pada graf yang telah diplotkan, di mana salah satu titik tersebut adalah sekata dan paling hampir dengan nilai 0.

**Jadual 7: Bilangan peristiwa curahan hujan di K1**

MIT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bilangan peristiwa curahan hujan	1938	1706	1603	1511	1425	1353	1287	1236	1187	1148	1080	1027

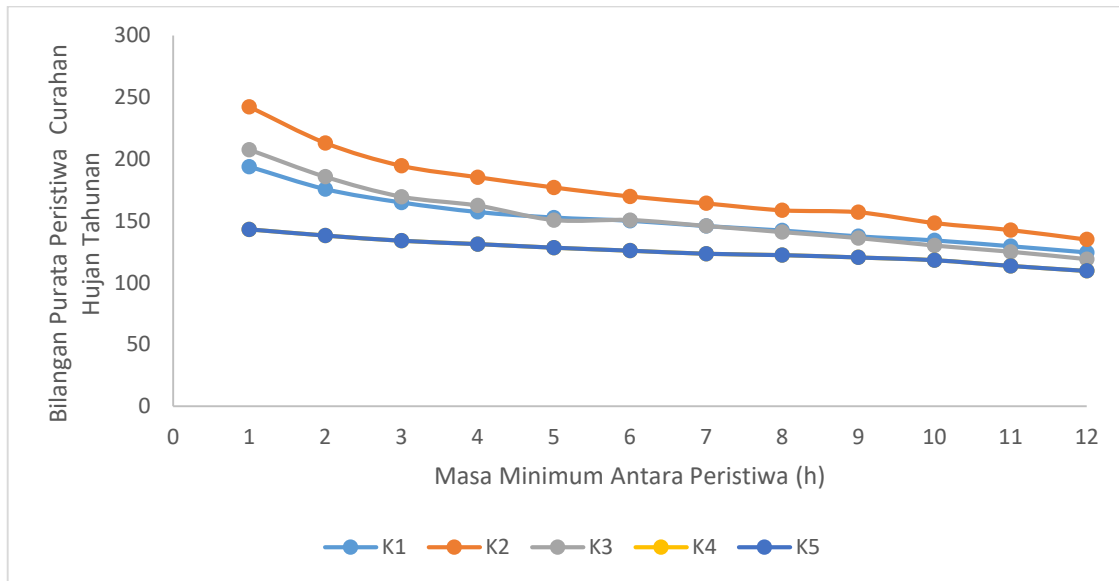
**Jadual 8: Bilangan purata peristiwa hujan tahunan di K1**

MIT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bilangan purata peristiwa curahan hujan tahunan	$\frac{1938}{10}$	$\frac{1706}{10}$	$\frac{1603}{10}$	$\frac{1511}{10}$	$\frac{1425}{10}$	$\frac{1353}{10}$	$\frac{1287}{10}$	$\frac{1236}{10}$	$\frac{1187}{10}$	$\frac{1148}{10}$	$\frac{1080}{10}$	$\frac{1027}{10}$
	193.8	170.6	160.3	151.1	142.5	135.3	128.7	123.6	118.7	114.8	108	102.7



**Rajah 7: Bilangan purata peristiwa hujan tahunan dengan masa minimum antara peristiwa (MIT) di K1.**

Dengan menggunakan kaedah Nix (1994), bilangan purata peristiwa hujan tahunan untuk keseluruhan 5 buah stesen di Kelantan dan nilai MIT 1 hingga 12 jam diplot seperti dalam gambar rajah di atas. Melalui keputusan daripada graf tersebut, ia dapat diperhatikan dengan melihat bilangan purata peristiwa hujan tahunan semakin menurun apabila nilai MIT semakin meningkat dan garisan menjadi semakin kelihatan sekata pada titik MIT 8 jam. Oleh itu, MIT yang paling sesuai bagi Kelantan adalah pada titik 8 jam, disebabkan pada titik tersebut, tiada lagi berlakunya perubahan ketara terhadap nilai peristiwa curahan hujan.



**Rajah 8: Bilangan purata peristiwa curahan hujan untuk nilai MIT 1-12 jam di lima stesen di Kelantan.**

## 5. Kesimpulan

Kesimpulan daripada kajian ini menunjukkan bahawa, objektif untuk menentukan MIT yang sesuai bagi 10 stesen di Kelantan dan Terengganu dengan kaedah Nix (1994) menggunakan MIT 1 hingga 12 jam telah tercapai. Ianya boleh dibuktikan melalui keputusan pada graf, di mana apabila bilangan purata peristiwa hujan tahunan semakin menurun, maka nilai MIT akan meningkat dan menjadi paling hampir dengan nilai 0. Oleh itu, dapatan MIT yang paling sesuai bagi Negeri Terengganu adalah 9 jam dan Kelantan adalah 8 jam.

## Penghargaan

Penyelidikan ini dimungkinkan dengan pembiayaan dari geran penyelidikan Universiti Tun Hussein Onn Malaysia iaitu TIER 1 Vot. H271.

## Rujukan

- Abdullah, R., Ibrahim, A., Simin, M. H. A., Ramle, N. H. & Rasat, M. S. M. (2014). Pemuliharaan Hutan Dalam Kalangan Masyarakat Semaq Beri di Negeri Terengganu, Malaysia (Forest Conservation and the Semaq Beri Community Of Terengganu, Malaysia). *Malaysian Journal of Society and Space*. 10(3), pp. 113 – 124.
- Agnese, C., Bagarello, V., Carroa, C., D' Agostino, L. & D' Assaro, F. (2006). Influence of the rainfall measurement interval on the erosivity determinations in the Mediterranean area. *Journal of Hydrology*. 329(1-2), pp. 39 - 48.
- Ang, K. H. (2016). Persepsi Masyarakat Terhadap Bencana Banjir Monsun Di Malaysia : Kajian Kes Kota Bharu , Kelantan (Public Perception of Monsoon Floods in Malaysia : A Case Study of Kota Bharu , Kelantan). *Malaysian Journal of Society and Space*. 12(9), pp. 24 – 31.
- Asdak, C., Jarvis, P. G., van Gardingen, P., & Fraser, A. (1998). Rainfall interception loss in unlogged and logged forest areas of Central Kalimantan, Indonesia. *Journal of Hydrology*. 206(3-4), pp. 237 - 244.
- Bonta, J. V., & Shahalam, A. (2003). Cumulative storm rainfall distributions: comparison of Huff curves. *Journal of Hydrology*. New Zealand, 42(1), pp. 65 - 74.

- Brunetti, M., Maugeri, M., & Nanni, T. (2001). Changes in total precipitation, rainy days and extreme events in northeastern Italy. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 21(7), pp. 861-871.
- Burgueno, A., Codina, B., Redano, A., & Lorente, J. (1994). Basic statistical characteristics of hourly rainfall amounts in Barcelona (Spain). *Theoretical and Applied Climatology*. 49, pp. 175 - 181.
- Cannarozzo, M. Noto, L. V., & Viola, F. (2006). Spatial distribution of rainfall trends in Sicily (1921–2000). *Journal of Physics and Chemistry of the Earth*. 31, pp.1201 - 1211.
- Cattan, P., Cabidoche, Y. M., Lacas, J. G., & Voltz, M. (2006). Effects of tillage and mulching on runoff under banana (*Musa spp.*) on a tropical Andosol. *Soil and Tillage Research*. 86(1), pp. 38 - 51.
- Chan, N.W. & Parker, D.J. (2000). Aspek sosioekonomi bencana banjir di Semenanjung Malaysia. Dlm. Mohd. Razali Agus & Fashbir Noor Sidin (pnyt.). *Perbandaran dan perancangan persekitaran*, hlm. 140-159. Kuala Lumpur: Utusan Publications & Distributors.
- Chan, N.W. (1995). A contextual analysis of flood hazard management in Peninsular Malaysia. Paper presented at the Flood Hazard Research Centre's Research Seminar, 23 Mei, Middlesex University, UK.
- Dunkerley, D. (2008). Identifying individual rain events from pluviograph records: a review with analysis of data from an Australian dryland site. *Hydrological Processes*. 22(26), pp. 5024 - 5036.
- Foon, W. L. (2013). *Banjir Besar 2011: Perlu Jadi Pengajaran kepada rakyat Malaysia*. Kuala Lumpur: Persatuan Pengguna Air dan Tenaga Malaysia.
- Fu, G. B., Viney, N. R., Charles, S. P. & Liu, J. R. (2010). Long-Term Temporal Variation of Extreme Rainfall Events in Australia : 1910 – 2006. *Journal of Hydrometeorology*. 11(4), pp. 950 – 965.
- Gallant, A. L., Klaver, R. W., Casper, G. S., & Lannoo, M. J. (2007). Global Rates of Habitat Loss and Implications for Amphibian Conservation. *Copeia*. 4(1), pp. 967 - 979.
- Gong, L., Puri, M., Unlu, M., Young, M., Robertson, K., Viswanathan, S., Krishnaswamy, A., Dowd, S.R., Minden, J. S. (2004). *Drosophila ventral furrow morphogenesis: a proteomic analysis*. *Development*. 131(3): 643--656.
- Guo, J. C. Y. & Urbonas, B. (2002). Runoff capture and delivery curves for storm-water quality control designs. *Journal Water Resources Planning Management*. 128(3), pp. 208 - 215.
- Hess, U., Banse, R., & Kappas, A. (1995). The Intensity of Facial Expression Is Determined by Underlying Affective State and Social Situation. *Journal of Personality and Social Psychology*. 69(2), pp. 280 -288.
- Herath, S., & Ratnayake, U. (2004). Monitoring rainfall trends to predict adverse impacts - A case study from Sri Lanka (1964-1993). *Global Environment Change*. 14, pp. 71 - 79.
- Hussain, T. P. R. S. (2014). Kesediaan Kognitif Menghadapi Banjir Bagi Meminimumkan Kemusnahan Dan Kehilangan Nyawa. *Prosiding Persidangan Kebangsaan Ekonomi Malaysia Ke-9*. pp. 851 – 858.
- Jamaludin, S. & Jemain, A. A. (2007). FITTING THE STATISTICAL DISTRIBUTIONS TO THE DAILY RAINFALL AMOUNT IN PENINSULAR MALAYSIA. *Jurnal Teknologi*. 46(C), pp. 33 - 48.
- Joo, J., Lee, J., Kim, J. H., Jun, H. & Jo, D. (2014). Inter-Event Time Definition Setting Procedure for Urban Drainage Systems. *Journal of Water*. 6(1), pp. 45 – 58.
- Juneng, L., Tangang, F. T., & Reason, C. J. C. (2007). Numerical case study of an extreme rainfall event during 9–11 December 2004 over the east coast of Peninsular Malaysia. *Meteorology and Atmospheric Physics*. 98(1-2), pp. 81 - 98.
- Karl, T. R., & Knight, R. W. (1998). Secular Trends of Precipitation Amount, Frequency, and Intensity in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 79(2), pp. 231 - 242.
- Kipkorir, E. C. (2002). Analysis of rainfall climate on the Njemps Flats, Baringo District, Kenya. *Journal of Arid Environments*. 50(3), pp. 445 - 458.
- Kothyari, U. C., & Singh, V. P. (1996). Rainfall and temperature trends in India. *Hydrological processes*, 10(3), pp. 357 - 372.
- Loukas, A., & Quick, M. C. (1996). Spatial and temporal distribution of storm precipitation in southwestern British Columbia. *Journal of Hydrology*. 174(1-2), pp. 37 - 56.
- Lucero, O. A., & Rozas, D. (2002). Characteristics of aggregation of daily rainfall in a middle-latitudes region during a climate variability in annual rainfall amount. *Atmospheric Research*. 61(1). pp. 35 - 48.
- Manfroi, O. J., Koichiro, K., Nobuaki, T., Masakazu, S., Nakagawa, M., Nakashikuza, T. & Chong, L. (2004). The streamflow of trees in a Bornean lowland tropical forest. *Hydrol Process*. 18(13), pp. 2455 - 2474.
- Manton, M. J., Della-Marta, P. M., Haylock, M. R., Hennessy, K. J., Nicholls, N., Chambers, L. E., ... & Inape, K. (2001). Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961–1998. *International Journal of Climatology*. 21(3), 269-284.

- Marin, C. T., Bouten, W., & Sevink, J. (2000). Gross rainfall and its partitioning into throughfall, stemflow and evaporation of intercepted water in four forest ecosystems in western Amazonia. *Journal of Hydrology*. 237(1-2), pp. 40 - 57.
- Murakami, S. (2006). A proposal for a new forest canopy interception mechanism: splash droplet evaporation. *Journal of Hydrology*. 319(1-4), pp. 72 - 82.
- Nugroho, S. P. (2008). ANALISIS CURAH HUJAN PENYEBAB BANJIR BESAR DI JAKARTA PADA AWAL FEBRUARI 2007. *Jurnal Air Indonesia*. 4(1), pp. 50 – 55.
- Palynchuk, B., & Guo, Y. (2008). Threshold analysis of rainstorm depth and duration statistics at Toronto, Canada. *Journal of Hydrology*, 348(3-4), pp. 535 - 545.
- Powell, D. N., Khan, A. A., Aziz, N. M., & Raiford, J. P. (2007). Dimensionless Rainfall Patterns for South Carolina. *Journal of Hydrauling Engeneering*. 12, pp. 130 - 133.
- Shamsudin, S., Dan'azumi, S. & Aris, A. (2010). Effect of Storm Separation Time on Rainfall Characteristics-A Case Study of Johor, Malaysia. *European Journal of Scientific Research*. 45(2), pp. 162 - 167.
- Shrestha, S., Fang, X. & Zech, W. C. (2013). What should be the 95th percentile rainfall event depths? *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 140, (1), 06013002.
- Suhaila, J., Deni, S. M., Zin, W. Z. W. & Jemain, A. A. (2010). Trends in Peninsular Malaysia Rainfall Data During the Southwest Monsoon and Northeast Monsoon Seasons : 1975 – 2004. *Sains Malaysiana*. 39(4), pp. 533 – 542.
- Tangang, F. T., Juneng, L., Salimun, E., Vinayachandran, P. N., Seng, Y. K., Reason, C. J. C., ... & Yasunari, T. (2008). On the roles of the northeast cold surge, the Borneo vortex, the Madden-Julian Oscillation, and the Indian Ocean Dipole during the extreme 2006/2007 flood in southern Peninsular Malaysia. *Geophysical Research Letters*, 35(14).
- Tobon, M.C., Bouten, W. & Sevink, J. (2000). Gross rainfall and its partitioning into throughfall, stemflow and evaporation of intercepted water in four forest ecosystems in western Amazonia. *Journal of Hydrology*. 237(1-2), pp. 40 - 57.
- Tsubo, M., Walker, S., & Hensley, M. (2005). Quantifying risk for water harvesting under semi-arid conditions: Part I. Rainfall intensity generation. *Agricultural Water Management*. 76(2), pp. 77 - 93.
- Vandenbergh, S., Verhoest, N. E. C., Buyse, E., & De Baets, B. (2010). A stochastic design rainfall generator based on copulas and mass curves. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 14(12), pp. 2429 - 2442.