

TREND DALAM CORAK HUJAN TAHUNAN EKSTRIM DI SEMENANJUNG MALAYSIA DARI 1975-2004

(Trends in Annual Extreme Rainfall Patterns
in Peninsular Malaysia from 1975-2004)

WAN ZAWIAH WAN ZIN & ABDUL AZIZ JEMAIN

ABSTRAK

Trend dalam corak hujan maksimum tahunan di Semenanjung Malaysia telah dianalisis menggunakan rekod hujan harian di 50 stesen dalam jangkamasa 30 tahun. Dalam kajian ini, hujan maksimum tahunan ditakrifkan sebagai jumlah hujan harian maksimum yang direkodkan pada sesebuah tahun. Kedua-dua monsun iaitu Monsun Timur Laut (MTL) dan Monsun Barat Daya (MBD) diasingkan untuk melihat pengaruh monsun ke atas hujan maksimum tahunan ini. Ujian korelasi Rank von Neumann dijalankan untuk mengecam sebarang korelasi antara tahun dan seterusnya analisis Kendall digunakan untuk mengecam trend yang signifikan. Magnitud bagi stesen yang menunjukkan tren menaik yang signifikan dikira untuk mendapatkan nilai perubahan dalam jangkamasa satu kurun. Keputusan mendapati bahawa hanya 10% daripada stesen yang dikaji mengalami peningkatan atau penurunan yang signifikan bagi hujan maksimum tahunan. Selain dari itu, kedudukan sesebuah stesen itu didapati memberi pengaruh ke atas corak hujan ekstrim yang diterima oleh kawasan tersebut.

Kata kunci: Hujan maksimum tahunan; hujan ekstrim; Monsun Timur Laut; Monsun Barat Daya; ujian Kendall; ujian Rank von Neumann; ujian regresi linear

ABSTRACT

Trends in annual maximum rainfall in Peninsular Malaysia have been analysed using daily rainfall records at 50 stations for 30 years. In this study, annual maximum rainfall is defined as the maximum daily rainfall amount recorded in a particular year. Both North-East Monsoon and South-West Monsoon are separated to identify their effect on the extreme rainfall. Rank von Neumann correlation test was performed to detect any correlation between years and followed by Kendall test to detect any significant trend. The magnitude of trends for stations with significant trend was derived from linear regression and computed to get the change value for a century. The results show that only 10% of the stations under study experience either significant increasing or decreasing trends in annual maximum rainfall. Apart from that, the pattern of extreme rainfall received is influenced by respective stations' location.

Keywords: Annual maximum rainfall; extreme rainfall; North East Monsoon; South-West Monsoon; Kendall test; Rank von Neumann test; linear regression test

1. Pengenalan

Fenomena hujan ekstrim boleh mengakibatkan kerosakan yang signifikan ke atas pertanian, ekologi dan infrastruktur, gangguan kepada aktiviti harian, kemalangan dan kehilangan nyawa. Di Semenanjung Malaysia, fenomena hujan yang tidak menentu sejak kebelakangan ini telah mengakibatkan kemusnahan yang menelan belanja berjuta-juta ringgit Malaysia. Peningkatan dalam kes-kes banjir besar atau banjir kilat serta tanah runtuh di Malaysia dalam tempoh 10 tahun kebelakangan ini dipercayai disebabkan oleh peningkatan dalam keamatan taburan hujan (Sulaiman 2007). Terbaru adalah banjir besar di Johor pada penghujung 2006-

awal 2007 disebabkan oleh hujan ekstrim yang menyebabkan banjir besar dimana anggaran jumlah kos keseluruhan dari bencana ialah RM 1.5 billion, dianggap sebagai peristiwa banjir yang menelan kos yang tertinggi pernah berlaku dalam sejarah Malaysia. Seramai lebih kurang 110,000 orang telah dipindahkan ke pusat pemindahan dan 18 orang telah terkorban akibat banjir ini (BBC News 2006; Int. Herald Tribune 2006). Pada lewat petang dan malam 10 Jun 2007, kejadian ribut petir dan hujan lebat disertai angin kencang telah berlaku di beberapa tempat di Kuala Lumpur, Putrajaya dan Selangor menyebabkan banjir kilat. Kejadian tanah runtuh yang kerap melanda kawasan tanah tinggi seperti Genting Highlands kebelakangan ini dipercayai disebabkan oleh hujan lebat yang melanda kawasan tersebut menyebabkan pergerakan tanah di tebing tinggi (Ahmad 2007).

Dalam konteks ini, analisis data hujan diharap dapat membantu dalam mengesan sebarang perubahan di dalam trend hujan ekstrim ini. Ini kerana sebarang perubahan dalam trend hujan ekstrim membawa implikasi yang besar dalam bidang kejuruteraan, insurans, perancangan bandar dan sebarang aktiviti yang mengandaikan bahawa cuaca adalah stabil sejak beberapa kurun yang lalu. Sebagai contoh, rekabentuk sistem perparitan, jambatan, benteng tanah tinggi dan empangan semuanya bergantung kepada jangkaan tadahan hujan yang diterima bagi sesuatu tempoh masa. Kejadian banjir besar di Shah Alam telah mengakibatkan kerajaan terpaksa membayar pampasan kepada mangsa dan mengeluarkan perbelanjaan bagi menambahbaik sistem saliran di kawasan tersebut. Dalam erti kata yang lain, sebarang perubahan dari segi magnitud, corak dan ruang pada taburan hujan yang ekstrim boleh menimbulkan implikasi yang serius dari segi sosial dan ekonomi di Malaysia. Justeru kajian perlu dilakukan ke atas trend hujan ekstrim ini agar implikasi buruk akibat perubahan cuaca ini dapat ditangani di masa depan.

Secara umumnya, keadaan cuaca di Semenanjung Malaysia dipengaruhi oleh dua musin monsun yang berbeza iaitu Monsun Timur Laut yang berlaku pada bulan November hingga Februari dan Monsun Barat Daya iaitu pada bulan Mei hingga Ogos. Di antara kedua-dua monsun berkenaan, Semenanjung Malaysia mengalami musim peralihan monsun (Septembar hingga Oktober serta Mac hingga April). Secara teori, hujan yang paling lebat disertai dengan rebut-petir kerap berlaku semasa musim peralihan monsun dan hujan pada masa ini dikenali sebagai hujan konvektif. Manakala, bergantung kepada kedudukan sesebuah tempat, hujan yang berlaku semasa musim monsun adalah kurang lebat tetapi berlanjutan selama beberapa hari (hujan stratiform). Dalam ertikata lain, musim peralihan menyaksikan intensiti hujan yang banyak berbanding dengan musim monsun. Secara umumnya, kawasan di sebelah Timur Semenanjung Malaysia dipengaruhi oleh Monsun Timur Laut manakala Monsun Barat Daya memberikan kesan terhadap kawasan yang terletak di bahagian Barat Semenanjung Malaysia.

Selain dari dua monsun yang dinyatakan di atas, keadaan cuaca di Semenanjung Malaysia juga dipengaruhi oleh fenomena lautan dikenali sebagai El Nino/La Nina yang dipercayai banyak mengakibatkan keadaan luar biasa di dalam keadaan cuaca. El Nino berlaku apabila terdapat pemanasan arus air laut yang menggantikan arus sejuk di selatan Peru, Amerika Selatan dan selalunya keadaan ini mengakibatkan cuaca yang lebih kering di Asia Tenggara, Indonesia dan Australia. Sementara itu, La Nina berlaku apabila suhu permukaan laut di Timur dan Tengah Lautan Pasifik menjadi lebih rendah dari biasa. Ini mengakibatkan cuaca yang lebih basah berbanding dari keadaan biasa di Asia Tenggara, Indonesia dan Australia. Di Malaysia, fenomena El Nino telah melanda sebanyak 12 kali di mana yang terburuk berlaku pada tahun 1982-83 dan 1997-98. Keadaan La Nina yang paling buruk melanda Malaysia adalah pada tahun 1998-2000 yang telah mengakibatkan peningkatan dalam jumlah hujan ekstrim harian.

Terdapat beberapa definisi bagi kajian lepas mengenai hujan ekstrim. Indeks yang sering digunakan adalah indeks hujan maksimum tahunan iaitu jumlah hujan terbanyak yang diterima dalam sehari bagi sesebuah tahun. Indeks ini telah digunapakai dalam banyak kajian seperti Casas *et al.* (2007) di Catalonia, Nguyen *et al.* (1998;2002) di Kanada, Koutsoyiannis dan Baloutsos (2000) di Greece, Zalina *et al.* (2002) di Malaysia dan Saralees & Dongseok (2007) di Korea Selatan. Selain dari indeks ini, Schmidli dan Frei (2005) di Switzerland menggunakan indeks nilai persentil ke 90 & 95 bagi jumlah 'hari hujan', bilangan peristiwa melebihi persentil jangka-masa panjang ke 90 dan 95, pecahan dari jumlah hari hujan yang melebihi persentil ke 90 dan jumlah kelembapan bagi maksimum N -hari ($N=1,3,5,10$) mewakili indeks-indeks bagi kejadian hujan ekstrim. Suppiah dan Hennessy (1998) menggunakan nilai persentil ke 90 & 95 bagi menerangkan mengenai trend hujan lebat di Australia. Di sini dapat disimpulkan bahawa tiada satu pun definisi yang umum bagi mewakili hujan ekstrim.

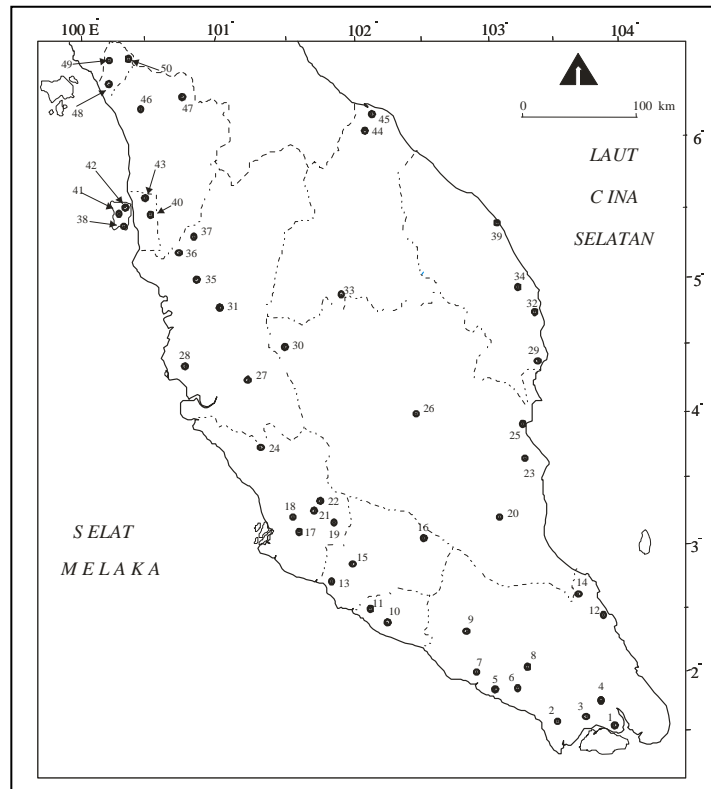
Dari aspek trend bagi hujan harian ekstrim, sebuah kajian yang berkaitan telah dijalankan oleh Manton *et al.* (2000) merangkumi data dari beberapa stesen di Asia Tenggara bagi tempoh 1961-1998. Mereka mendapati bahawa berdasarkan analisis data dari tujuh stesen di Malaysia, secara umumnya, tiada trend yang signifikan di dalam indeks hujan ekstrim bagi Malaysia. Indeks-indeks yang telah digunapakai oleh beliau adalah indeks frekuensi ekstrim, intensiti ekstrim dan pecahan ekstrim di mana persentile ke-99 diambil sebagai ukuran ekstrim.

Kajian ini mengurai corak perubahan dalam jumlah hujan ekstrim di Semenanjung Malaysia dalam tempoh 30 tahun dan mengenalpasti kawasan di Semenanjung Malaysia yang terdedah kepada fenomena buruk disebabkan oleh kejadian hujan ekstrim ini. Dalam kajian ini, data hujan maksimum tahunan dipilih bagi mewakili kejadian hujan ekstrim. Hujan maksimum tahunan ditakrifkan sebagai jumlah hujan harian tertinggi/maksimum yang direkodkan pada sesuatu tahun di sesebuah stesen. Sebarang perubahan dari segi peningkatan akan dikenalpasti dan perancangan agar sebarang kesan buruk hasil dari peristiwa ini dapat dielakkan di masa akan datang.

2. Data Kajian

Data kajian iaitu data jumlah hujan harian diperolehi dari Jabatan Kaji Cuaca dan Jabatan Parit dan Saliran Malaysia mewakili 50 kawasan tadahan hujan di Semenanjung Malaysia bagi jangkamasa tahun 1975-2004. Pemilihan 50 stesen ini yang terletak di lokasi yang berbeza di seluruh Semenanjung Malaysia adalah untuk mengambilkira kesan bagi lokasi yang berlainan dan seterusnya dapat mewakili trend bagi Semenanjung Malaysia dengan selengkap yang mungkin. Rajah 1 menunjukkan lokasi stesen tadahan hujan dimana data untuk kajian ini diperolehi.

Data jumlah hujan harian dalam tempoh 1975-2004 dipilih dalam kajian ini kerana ianya mewakili tempoh masa terpanjang bagi data yang lengkap dan berkualiti dapat diperolehi dari hampir kesemua stesen kajian. Bagi beberapa stesen yang tidak mempunyai data yang lengkap (missing data), kaedah 'interpolasi ruang yang diubah (modified spatial interpolation method) digunakan bagi penganggaran (Suhaila *et al.* 2007). Kaedah ini mengambilkira maklumat dari kawasan berhampiran sesebuah stesen bagi menganggar data yang tidak lengkap.



Rajah 1: Lokasi stesen-stesen kajian di Semenanjung Malaysia yang digunakan dalam kajian ini

3. Kaedah Kajian

Dalam kajian ini, trend dalam hujan maksimum tahunan dianalisis bagi setiap stesen. Selain dari itu, data hujan harian ini dibahagikan mengikut dua musim monsun bagi menilai pengaruh monsun terhadap taburan hujan.

Bahagian pertama merujuk kepada analisis deskriptif bagi setiap stesen iaitu nilai-nilai statistik seperti purata, sisihan piawai, kepencongan dan kurtosis dikira. Seterusnya, pemetaan data dengan tempoh masa sewaktu hujan maksimum tahunan berlaku dilakukan untuk mengenalpasti bilakah majoriti hujan berkenaan berlaku; sama ada pada musim monsun atau semasa peralihan antara kedua-dua monsun berkenaan iaitu pada Mac-April dan September-Oktober.

Bahagian kedua merujuk kepada analisis ujian statistik bagi melaporkan trend yang wujud bagi stesen-stesen kajian. Ujian tak berparameterik Rank von Neumann menggunakan pangkat digunakan bagi mengesan auto-korelasi di antara data bagi tahun-tahun yang berlainan. Ini kerana sekiranya korelasi wujud, ia mengakibatkan ralat sistematik yang mempengaruhi analisis trend yang selanjutnya. Ujian tak-berparameterik Kendall-tau digunakan bagi mengesahkan sama ada trend di sesuatu lokasi itu signifikan atau tidak. Dalam kajian ini, nilai bererti bagi kesemua ujian ditakrifkan pada aras keertian 5%. Seterusnya, penganggar teguh tak-berparameter Theil berdasarkan regresi linear ringkas digunakan untuk memberikan nilai anggaran bagi magnitud perubahan trend bagi tempoh sekurung bagi stesen yang menunjukkan perubahan trend yang bererti (Hirsch *et al.* 1982).

4. Keputusan

Statistik deskriptif bagi data hujan maksimum tahunan untuk kesemua 50 stesen direkodkan dalam Jadual 1. Nilai-nilai purata, sisihan piawai (S.Piawai), kepencongan (Kep.) dan kurtosis dikira dari 30 data hujan maksimum tahunan bagi tempoh 1975-2004.

Jadual 1: Nilai-nilai purata, sisihan piawai (S.Piawai), kepencongan (Kep.) dan kurtosis dikira dari data hujan maksimum tahunan bagi 50 stesen kajian bagi tahun 1975-2004

No.	Nama Stesen	Purata	S.Piawai	Kep.	Kurtosis
s1	Johor Bahru	113.38	45.57	3.09	12.8
s2	Pintu Kawalan Tampok Batu Pahat	119.57	44.23	0.83	-0.18
s3	Senai	118.14	61.53	2.79	8.91
s4	SM. Bkt. Besar di Kota Tinggi	117.8	48.76	1.5	2.17
s5	Batu Pahat	104.79	42.92	0.72	-0.54
s6	Pintu Kawalan Sembrong	107.72	50.35	2.73	10.58
s7	Pintu Kawalan Separap Batu Pahat	83.48	27.06	0.25	-0.83
s8	Kluang	116.29	67.55	3.8	17.43
s9	Tangkak	88	15.4	0.58	1.57
s10	Melaka	105.61	38.47	3.26	13.27
s11	Sungai Udang	123.38	30.89	0.59	-0.21
s12	Mersing	196.12	82.8	0.85	-0.21
s13	Port Dickson	116.42	31.77	0.41	0.75
s14	Endau	220.73	57.3	0.37	-0.62
s15	Stor JPS Sikamat Seremban	91.37	22.24	0.25	0.02
s16	Sg. Lui Halt	114.07	32.2	1.66	3.42
s17	Petaling Jaya	106.8	27.5	1.02	0.79
s18	Subang	100.73	24.63	0.77	0.09
s19	Pusat Penyelidikan di JPS Ampang	102.66	18.51	1.09	3.67
s20	Bkt. Ibam	129.77	50.6	1.5	2.74
s21	Genting Kelang	93.53	24.6	0.77	0.47
s22	Gombak	98.26	17.36	0.2	0.29
s23	Pekan	203.73	98.93	1.11	0.56
s24	Rumah Pam JPS Bagan Terap	84.2	18.65	0.92	1.03
s25	Kuantan	209.25	106.86	1.05	1.13
s26	Rumah Pam Paya Kangsar	99.11	42.44	2.31	6.9
s27	Chui Chak	95.48	21.12	1.08	1.53
s28	Sitiawan	95.55	23.95	1.32	3.97
s29	JPS Kemaman	196.3	93.95	0.99	0.4
s30	Ladang Boh	70.35	14.22	0.6	0.64
s31	Ipoh	95.33	16.81	0.61	0.25
s32	Dungun	179.65	94.77	2.64	9.59
s33	Gua Musang	101.81	23.05	0.64	-0.21
s34	Kg. Menerong	238.68	135.35	2.07	5.22
s35	Pusat Kesihatan Kecil Bt. Kurau	100.32	29.46	1.46	2.86
s36	Alor Pongsu	110.62	27.17	0.49	-0.49
s37	Selama	110.98	23.88	0.38	0.91
s38	Bayan Lepas	124.9	40.64	2.69	8.82
s39	Stor JPS Kuala Terengganu	225.61	100.99	1.36	2.58
s40	Bukit Berapit	109.15	63.26	1.78	3.07
s41	Air Itam	129.52	60.58	1.44	1.8

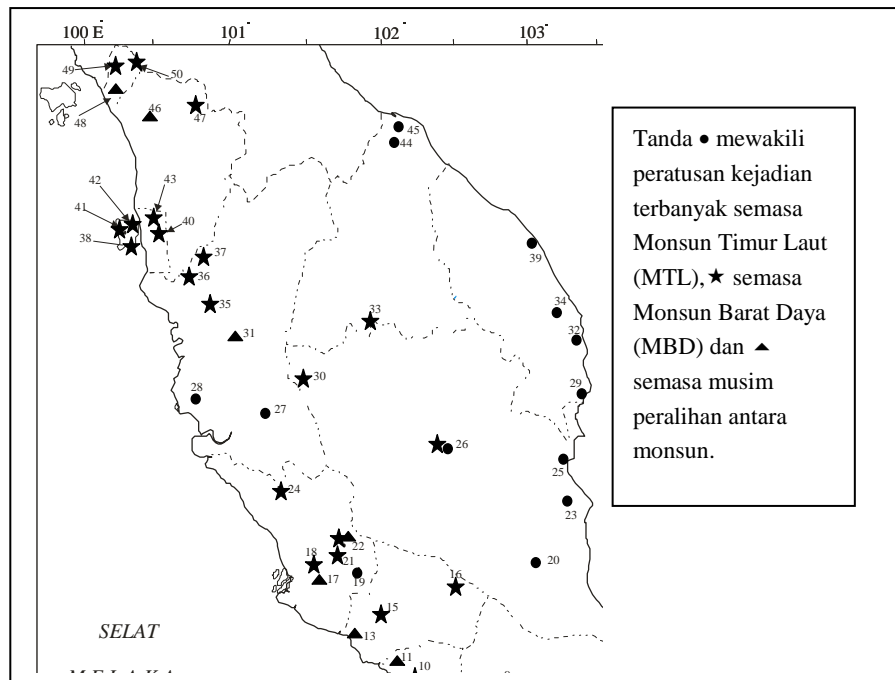
Jadual 1(Samb.)

No.	Nama Stesen	Purata	S.Piawai	Kep.	Kurtosis
s42	Bukit Bendera	161.66	81.36	2.38	7.85
s43	Bumbong Lima	118.74	53.39	1.35	1.84
s44	To' Uban	177.03	93.96	0.77	-0.2
s45	Kota Bharu	230.04	119.71	1.64	3.04
s46	Alor Setar	96.43	31.82	0.96	0.12
s47	Ampang Pedu	104.67	34.92	1.27	1.96
s48	Padang Katong di Kangar	98.89	26.72	0.42	-1.07
s49	Kg. Bahru	93.73	20.64	-0.09	-0.72
s50	Temiang	93.33	23.72	0.39	0.15

Dari Jadual 1, nilai terkecil bagi purata dan sisihan piawai hujan maksimum tahunan bagi 30 tahun direkodkan di Stesen 30 (Ladang Boh). Nilai terbesar bagi purata dan sisihan piawai hujan maksimum tahunan bagi 30 tahun direkodkan di Stesen 34 (Kg. Menerong, Terengganu) melambangkan ketidak-seragaman dalam jumlah hujan maksimum tahunan yang diterima oleh stesen ini. Nilai kepencongan bagi kesemua stesen ini berada di antara -0.09 ke 3.80 manakala nilai kurtosis dalam lingkungan -1.07 hingga 17.43. Hanya satu stesen iaitu Stesen 49 (Kg Bahru) merekodkan nilai kepencongan yang negatif dan ini bermakna bahawa kebanyakan nilai hujan tahunan maksimum bagi stesen tersebut adalah besar; walaubagaimanapun nilai yang didapati (-0.09) adalah agak kecil. Oleh yang demikian dapat disimpulkan bahawa secara keseluruhan, stesen-stesen di Semenanjung Malaysia menerima hujan maksimum tahunan yang berlonggok pada nilai kurang dari nilai purata iaitu terpencong ke kanan.

Kajian seterusnya adalah untuk mengenalpasti bilakah berlakunya hujan maksimum tahunan ini iaitu adakah ianya berlaku semasa salah satu musim monsun atau semasa musim peralihan monsun. Bagi tujuan ini, data hujan maksimum tahunan dipadankan dengan bulan dalam tahun berkenaan dan dari 30 tahun data berkenaan peratusan di mana bacaan jatuh ke dalam salah satu dari tiga kelas musim (Monsun Barat Daya, Monsun Timur Laut atau musin peralihan di antara kedua-dua monsun berkenaan) dikira. Musim dimana jumlah peratusan kejadian hujan maksimum tahunan tertinggi yang direkodkan dipilih. Rajah 2 menunjukkan keputusan padanan berkenaan.

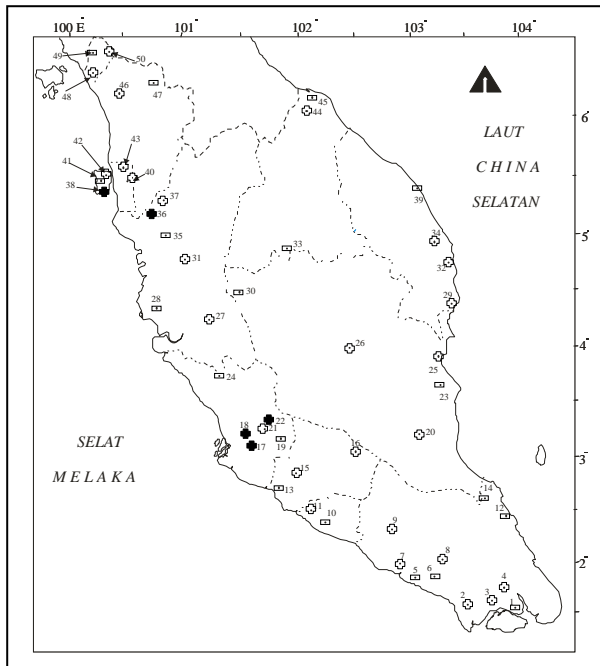
Merujuk kepada Rajah 2, daripada 50 stesen yang dikaji, didapati bahawa lokasi stesen berkenaan mempengaruhi bila berlakunya kejadian hujan maksimum tahunan. Kesemua stesen di bahagian Timur dan majoriti stesen di Selatan Semenanjung Malaysia mendapat hujan maksimum tahunan semasa musim Monsun Timur Laut. Sementara itu, majoriti stesen di bahagian Barat Semenanjung Malaysia mendapat hujan maksimum tahunan semasa musim peralihan antara monsun contohnya kesemua stesen di Pulau Pinang mendapat hujan maksimum tahunan semasa musim peralihan. Ini berkemungkinan besar disebabkan oleh keadaan geografi bahagian Barat Semenanjung Malaysia agak terlindung dari kesan Monsun Timur Laut akibat halangan Banjaran Titiwangsa dan dilindungi oleh Sumatra dari mendapat kesan sepenuhnya dari Monsun Barat Daya.



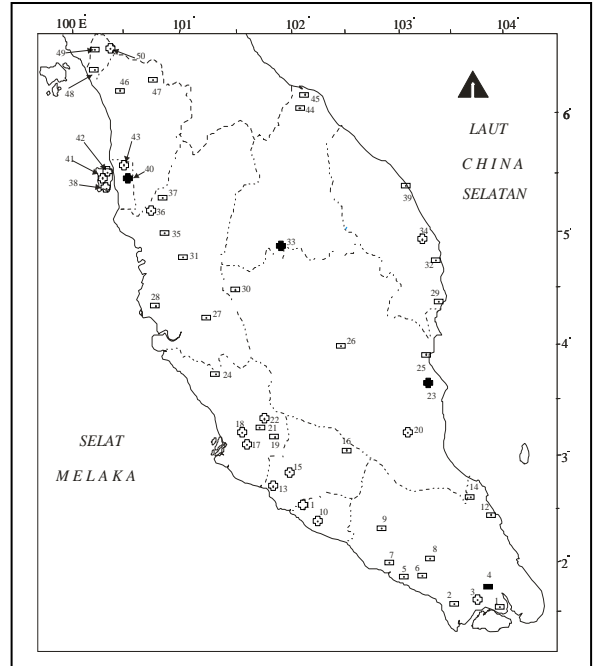
Rajah 2: Pemetaan padanan kejadian hujan tahunan maksima dengan musim majoriti ianya berlaku

Untuk bahagian kedua analisis iaitu mengkaji trend dalam perubahan hujan maksimum tahunan, ujian Rank von Neumann dijalankan bagi mengesan korelasi antara tahun mendapati dari 50 stesen yang dipilih, 3 stesen menunjukkan wujudnya korelasi antara tahun bagi data hujan tahunan maksimum pada aras keertian 5%. Stesen-stesen berkenaan adalah Stesen 7 (nilai-p = 0.0132), Stesen 30 (nilai-p = 0.0155) dan Stesen 42 (nilai-p = 0.0326). Oleh yang demikian, sebarang keputusan dari analisis Kendall bagi stesen-stesen tersebut yang menunjukkan trend yang signifikan harus diteliti dengan lebih lanjut.

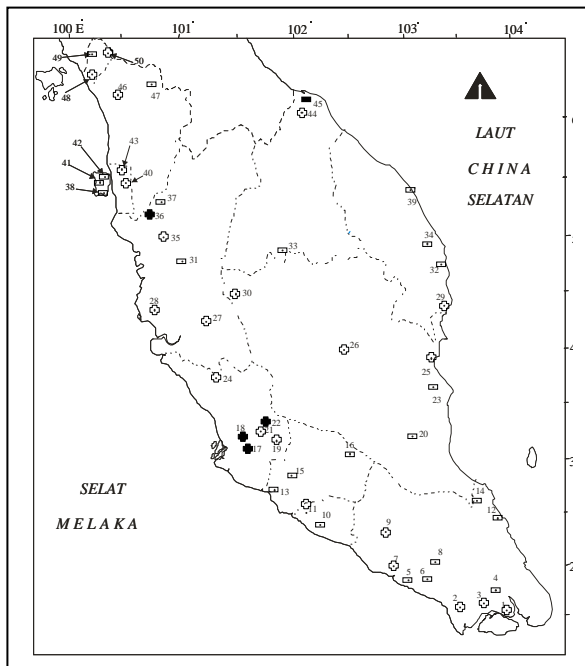
Seterusnya analisis Mann-Kendall dilakukan untuk mengenalpasti trend di setiap stesen kajian. Keputusan ujian ditunjukkan dalam Rajah 3 yang menunjukkan arah trend bagi setiap stesen untuk data hujan maksimum tahunan bagi 30 tahun kajian; iaitu, (a) secara keseluruhan serta dibahagikan mengikut (b) Monsun Barat Daya dan (c) Monsun Timur Laut. Bilangan stesen yang menunjukkan peningkatan/penurunan direkodkan dalam Jadual 2.



(a)



(b)



(c)

Rajah 3: Lokasi stesen-stesen menunjukkan trend menaik (simbol +) dan menurun (simbol -) bagi hujan tahunan maksimum dari tahun 1975-2004. (a) merujuk kepada analisis bagi data keseluruhan tahunan manakala (b) mengikut monsun Barat Daya dan (c) bagi Monsun Timur Laut. Simbol yang berlorek adalah bagi stesen-stesen yang menunjukkan peningkatan/penurunan dalam trend yang signifikan

Jadual 2: Bilangan stesen yang menunjukkan perubahan dalam trend hujan tahunan maksimum berdasarkan ujian Kendall-tau (signifikan pada aras keertian 5%)

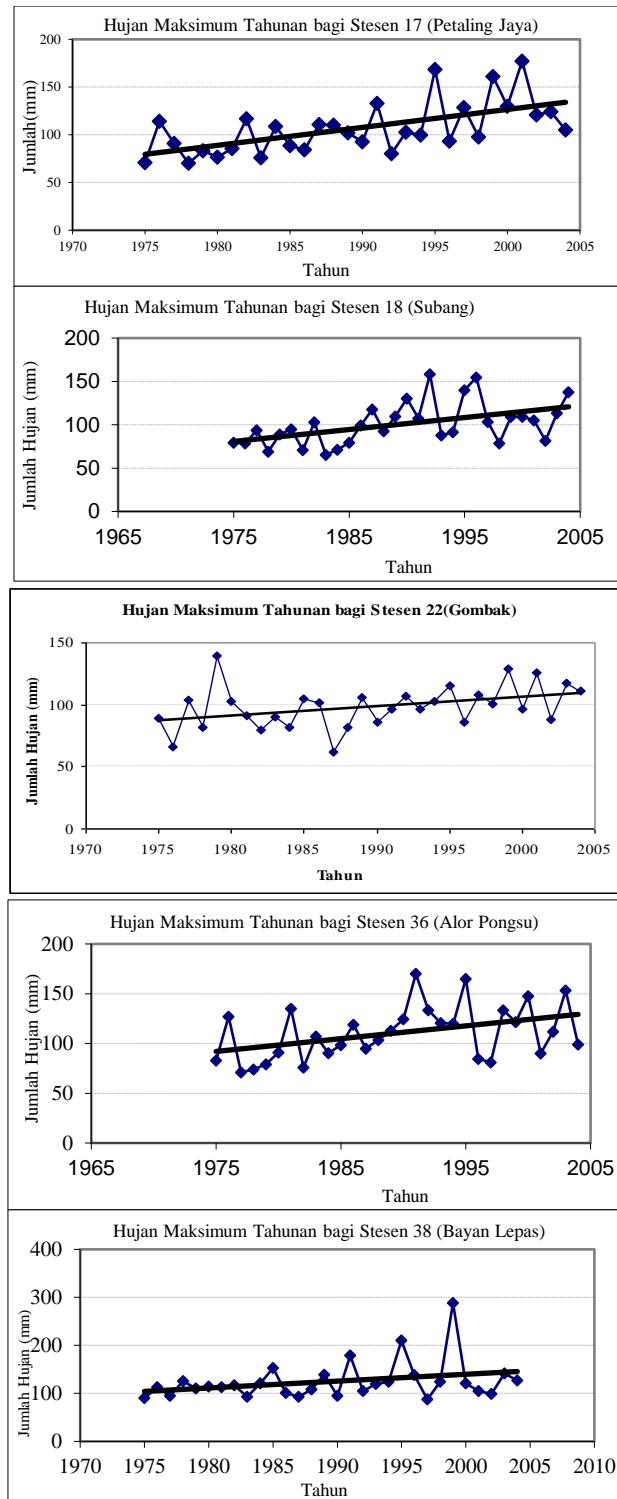
Trend	Bilangan Stesen		
	Keseluruhan	MBD(Mei-Ogos)	MTL(Nov-Feb)
Peningkatan Signifikan	5	3	4
Peningkatan Tidak Signifikan	26	16	22
Penurunan Signifikan	0	1	1
Penurunan Tidak Signifikan	19	30	23

Secara keseluruhannya, tiada perubahan ketara di dalam jumlah hujan maksimum tahunan untuk 30 tahun kajian bagi majoriti stesen. Didapati hanya 8 dari 50 stesen yang berlainan menunjukkan peningkatan jumlah hujan harian ekstrim yang signifikan berasaskan keputusan ujian Kendall pada aras keertian 5% ini. Kebanyakan stesen yang menunjukkan perubahan trend yang signifikan berada di bahagian Barat Semenanjung di mana stesen-stesen 17 (Petaling Jaya), 18 (Subang), 22 (Gombak) dan 36 (Alor Pongsu) menunjukkan peningkatan yang signifikan semasa musim Monsun Timur Laut dan juga secara keseluruhannya. Walaubagaimanapun, kesemua stesen berkenaan tidak menunjukkan peningkatan jumlah hujan harian ekstrim yang signifikan semasa musim Monsun Barat Daya. Stesen-stesen yang menunjukkan peningkatan yang signifikan semasa musim monsun Barat Daya adalah stesen-stesen 23 (Pekan), 33 (Gua Musang) dan 40 (Bukit Berapit). Hanya dua stesen menunjukkan penurunan yang signifikan iaitu Stesen 4 (Kota Tinggi) semasa musim Monsun Barat Daya dan Stesen 45 (Kota Bharu) semasa musim Monsun Timur Laut.

Seterusnya, magnitud perubahan trend dikira bagi stesen-stesen yang menunjukkan trend yang signifikan. Dalam kes ini, hanya stesen-stesen yang menunjukkan trend menaik yang signifikan bagi data keseluruhan diambilkira memandangkan dari segi aplikasi, contohnya dalam pembinaan empangan, keluasan empangan perlu mengambilkira sebarang kenaikan dalam isipadu air yang mampu ditampung dan ini berkadar terus dengan jumlah hujan maksimum yang diterimanya. Keempat-empat stesen yang didapati menunjukkan trend yang signifikan semasa musim monsun Timur Laut juga menunjukkan trend yang signifikan dalam pengiraan bagi data keseluruhan. Bagi tiga stesen yang menunjukkan peningkatan semasa Monsun Barat Daya, memandangkan analisis deskriptif dalam bahagian 1 menunjukkan bahawa peratusan hujan tertinggi yang diterima oleh stesen berkenaan tidak berlaku semasa musim monsun Barat Daya, maka perubahan ini tidak dianalisis dengan lebih lanjut dalam kajian ini. Rajah 4 menunjukkan plot siri masa bagi kelima-lima stesen yang menunjukkan trend menaik yang signifikan dengan garis linear regresi. Magnitud perubahan yang dianggar berdasarkan nilai kecerunan garisan regresi mewakili perubahan dalam masa sekurun (100 tahun) diringkaskan dalam Jadual 3.

Jadual 3: Magnitud perubahan bagi 5 stesen yang menunjukkan trend menaik yang signifikan (per 100 tahun)

Stesen	Magnitud (mm/100 tahun)
s17 (Petaling Jaya)	165
s18 (Subang)	137
s22 (Gombak)	85
s36 (Alor Pongsu)	164
s38 (Bayan Lepas)	67



Rajah 4: Plot siri masa bagi lima stesen yang menunjukkan trend menaik yang signifikan beserta garis linear trend

5. Kesimpulan

Hasil kajian mendapati bahawa walaupun Malaysia dipengaruhi oleh 2 monsun, iaitu Monsun Timur Laut (MTL) dan Monsun Barat Daya (MBD), kesan dari Monsun Barat Daya adalah kurang berbanding dengan Monsun Timur Laut. Ini berkemungkinan besar disebabkan oleh kedudukan geografi Malaysia yang agak terlindung dari kesan Monsun Barat Daya oleh Sumatera. Kawasan Timur Semenanjung Malaysia mempamerkan keadaan yang lebih stabil berbanding dari kawasan di bahagian Barat Semenanjung Malaysia dimana tiada perubahan berlaku ke atas taburan hujan harian ekstrim tahunannya dalam tempoh 30 tahun. Selain dari itu, kawasan ini mendapat pengaruh langsung dari Monsun Timur Laut dimana majoriti hujan maksimum tahunan turun semasa musim monsun ini.

Hasil kajian ini juga mendapati kesemua stesen yang menunjukkan trend menaik yang signifikan terletak di bahagian barat Semenanjung Malaysia dan stesen-stesen berkenaan juga terletak di kawasan yang pesat membangun, membawa maksud bahawa faktor pembangunan juga berkemungkinan menyumbang kepada perubahan yang signifikan dalam hujan ekstrim yang diterima. Analisis kajian menunjukkan bahawa dari 5 stesen berkenaan, 4 darinya iaitu Stesen 18 (Subang), Stesen 22 (Gombak), Stesen 36 (Alor Pongsu) dan Stesen 38 (Bayan Lepas) mendapat peratusan hujan maksimum paling kerap semasa musim peralihan antara monsun (Stesen 17 – Petaling Jaya, mendapat peratusan hujan maksimum paling kerap berlaku semasa musim Monsun Barat Daya). Hujan yang turun semasa musim ini, hujan konvektif berlaku apabila terdapat ketidakstabilan di dalam atmosfera yang mana suhu udara permukaan di sesebuah kawasan lebih dari suhu kawasan di sekelilingnya. Umumnya di kawasan yang pesat membangun, suhu permukaan tanah adalah lebih tinggi, oleh yang demikian, penyejatan wap air berlaku dengan lebih banyak dan seterusnya mengakibatkan hujan yang lebih lebat. Hujan konvektif ini lebih sukar diramalkan dari hujan monsun dimana ia terjadi dalam masa yang singkat dengan intensiti yang tinggi, dan merupakan penyebab kepada majoriti kejadian banjir kilat.

Laporan IPCC (2007) menyatakan bahawa Semenanjung Malaysia mengalami peningkatan dalam jumlah hujan yang diterima sebanyak 3% sekurun serta peningkatan suhu tahunan sebanyak lebih kurang 0.5 darjah Celsius dalam satu kurun. Sama ada peningkatan dalam trend hujan maksimum ini dicetuskan oleh aktiviti manusia yang menyumbang kepada pemanasan global atau proses semulajadi alam adalah satu persoalan yang perlu dikaji.

Rujukan

- Ahmad S.K. 2007. Effects of Extreme Climatic Changes on Infrastructures Utilities. *National seminar on extreme weather and climate change*, 21-27 June 2007, Putrajaya.
- BBC News. South Malaysia flooding kills six. 22 Disember 2006.
- Casas M., Herrero M., Ninyerola M., Pons X., Rodriguez R., Rius A., Redano A. 2007. Analysis and objective mapping of extreme daily rainfall in Catalonia. *International Journal of Climatology* **27**:399-409.
- Hirsch R.M., Slack J.R. & Smith R.A. 1982. Techniques of Trend Analysis for Monthly Water Quality Data. *Water Resources Research* **18**: 107-121.
- International Herald Tribune. 2 killed, 60,000 displaced in worst flooding in a century in southern Malaysia. 20 Disember 2006.
- IPCC 2007: Climate Change 2007 – The physical basis, Chp. 10
- Koutsoyiannis D. & Baloutsos G. 2000. Analysis of a long record of annual maximum rainfall in Athens, Greece and design rainfall inferences. *Natural Hazards*, **22** (1):31-51.
- Manton M.J., Della-Marta P.M., Haylock M.R., Hennessy K.J., Nicholls N., Chambers L.E., Collins D.A., Daw G., Finet A., Gunawan D., Inape K., Isobe H., Kestin T.S., Legale P., Leyu C.H., Lwin T., Maitrepierre, L., Ouprasitwong N., Page C.M., Phalad J., Plummer N., Salinger M.J., Suppiah R., Tran V.L., Trewin B., Tibig I., Yee D. 2000. Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961-1998. *International Journal of Climatology* **21**:269-284.

- Nguyen V.T., Nguten T.D. & Ashkar F. 2002. Regional frequency analysis of extreme rainfalls. *Water Science Technology* **45**(2):75-81.
- Saralees N. & Dongseok C. 2007. Maximum daily rainfall in South Korea. *Journal of Earth System Science* **116**(4): 311-320.
- Schmidli J. & Frei C. 2005. Trends of Heavy Precipitation and Wet and Dry Spells in Switzerland during the 20th Century. *International Journal of Climatology* **25**:753-771.
- Suhaila J., Deni S.M. & Jemain A.A. 2007. The modified spatial interpolation methods for missing rainfall data treatment. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Mathematical Sciences*, 28-29 May 2007, Universiti Teknologi Malaysia, Skudai, Johor, Malaysia, 88pp.
- Sulaiman A.H. 2007. Flood and Drought Management in Malaysia. *Keynote Lecture 2 for National seminar on extreme weather and climate change*, 21-27 June 2007, Putrajaya.
- Suppiah R. & Hennessy K.J. 1998. Trends in total rainfall, heavy rain events and number of dry days in Australia, 1910-1990. *International Journal of Climatology* **10**:1141-1164.
- Zalina M.D., Desa M.N., Nguyen V.T.V. & Hashim M.K. 2002. Selecting a probability distribution for extreme rainfall series in Malaysia. *Water Science and Technology* **45**: 63-68.

*Pusat Pengajian Sains Matematik
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi
Selangor D.E.
MALAYSIA
Mel-e: w_zawiah@ukm.my*, azizj@ukm.my*

* Penulis untuk dihubungi