

TREND ANALYSIS OF RAINFALL FREQUENCY OF MAKASSAR

Wahidah Sanusi

Jurusan Matematika, FMIPA UNM Makassar
E-mail:wahidah.sanusi@unm.ac.id

Abstract. The objective of this study is to detect a trend in a time series of rainfall frequency in Makassar city. Frequency of monthly wet/dry event as an indicator in this study. Data from four rainfall stations in Makassar for the period of 1985 to 2014. These stations are Paotere station, station of Biring Romang, station of BBMKG region IV, and station of Ujung Pandang. The Mann-Kendall test is applied to identify the existence of trend in a time series. If the data are serially correlated, then the prewhitening procedure is applied to the data before performing the Mann-Kendall test. The study result shows that an increasing trend is observed in BBMKG station for frequency of monthly wet event. Meanwhile, a decreasing trend is detected in Ujung Pandang station for frequency of monthly dry event. The study results are useful information for the water resources management.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan trend dalam data runtun waktu frekuensi curah hujan kota Makassar. Dalam penelitian ini indikator yang digunakan adalah frekuensi bulan basah/kering setiap tahun. Data yang digunakan berasal dari empat stasiun hujan di kota Makassar untuk periode 1985 sampai 2014. Keempat stasiun hujan tersebut adalah masing-masing stasiun Paotere, stasiun Biring Romang, stasiun BBMKG region IV dan stasiun Ujung Pandang. Uji Mann-Kendall digunakan untuk mendeteksi keberadaan trend dalam data. Jika data saling berkorelasi, maka digunakan prosedur prewhitening sebelum menggunakan uji Mann-Kendall. Hasil penelitian menunjukkan bahwa trend meningkat telah terjadi di stasiun BBMKG, sementara trend menurun dideteksi telah terjadi di stasiun Ujung Pandang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi yang berguna bagi pengelolaan sumber air.

Kata Kunci: korelasi, prapemutihan, frekuensi curah hujan, trend

Analisis data curah hujan sampai saat ini masih terus dilakukan, karena hasil analisis tersebut bermanfaat dalam mengidentifikasi berbagai dampak yang dapat ditimbulkan terhadap manusia maupun lingkungan sekitar kita. Salah satu informasi penting yang berkaitan dengan analisis curah hujan adalah identifikasi trend curah hujan suatu wilayah. Hasil identifikasi ini berguna untuk membantu dalam peramalan peristiwa banjir atau pun kemarau, dan juga merupakan informasi penting bagi perencanaan dan pengelolaan sumber air.

Perubahan trend dalam data runtun waktu, khususnya data alam sekitar seperti curah hujan, suhu, kualitas air dan sebagainya, biasanya diidentifikasi menggunakan uji Mann-Kendall (Burn & Elnur 2002, Yue dkk. 2003). Uji ini merupakan uji nonparametrik. Beberapa kajian telah dilakukan menggunakan uji Mann-Kendall dalam mengidentifikasi trend curah hujan, seperti

yang telah dilakukan oleh Deni dkk. (2010), Jamaluddin dkk. (2010), Juan dkk. (2012), Karpouzou dkk. (2010), Shahid (2010) dan Yusof dkk.(2013).

Juan dkk. (2012) telah mengidentifikasi trend cuaca di Hunan, China menggunakan Indeks Presipitasi Terstandarisasi (IPT). Hasilnya menunjukkan bahwa berdasarkan IPT, semua stasiun hujan kajian mengalami trend menurun dalam musim semi dan musim gugur, sementara pada musim panas dan dingin menunjukkan trend meningkat bagi kedua musim tersebut. Kajian ini juga menunjukkan bahwa kecenderungan kering telah dialami Hunan dalam musim semi dan gugur, sebaliknya kecenderungan basah dalam musim panas dan dingin. Kajian mengenai analisis trend data curah hujan juga telah dilakukan oleh Karpouzou dkk. (2010) di kawasan Pieria, Yunani. Hasilnya menunjukkan bahwa stasiun hujan yang terletak pada altitude

rendah, secara umum menunjukkan trend menurun bagi indikator jumlah curah hujan. Sementara, Yusof dkk. (2012) juga telah melakukan kajian trend peristiwa kemarau berdasarkan IPT bagi 69 stesen hujan di Semenanjung Malaysia untuk periode 1973 sampai 2008. Hasilnya menunjukkan bahwa trend kemarau di Semenanjung Malaysia menunjukkan trend meningkat, terutama di bahagian timur dan barat. Deni dkk. (2010) juga menunjukkan bahwa bagi indikator rentetan hari kering, trend penurunan terjadi ketika musim timur laut. Kebalikannya, indikator tersebut menunjukkan trend peningkatan ketika musim barat daya bagi hampir seluruh stasiun kajian di Semenanjung Malaysia untuk periode 1975 sampai 2004.

Dalam analisis trend, ketika terdapat kasus autokorelasi dalam data, maka akan mempengaruhi hasil keputusan uji Mann-Kendall dalam menilai kesignifikan trend. Keberadaan autokorelasi ini akan meningkatkan peluang bahwa trend signifikan, padahal sebenarnya tidak ada trend yang signifikan dalam data runtun itu (Hong dkk. 2008, Yue dkk. 2003). Oleh itu, Douglas dkk. (2000), Kulkarni dan Von Storch (1995), Von Storch dan Navarra (1995), Yue dkk. (2002, 2003) dan Zhang dkk. (2000, 2001) telah memperkenalkan metode *Prewhitening* bebas trend yang bertujuan untuk membuang komponen korelasi dalam runtun data.

Berdasarkan hal tersebut maka tulisan ini bertujuan untuk melakukan analisis trend frekuensi keadaan basah dan kering di kota Makassar. Namun sebelumnya dilakukan analisis korelasi. Jika sekiranya terdapat autokorelasi dalam runtun data, maka akan dilakukan proses *prewhitening* pada data tersebut, sebelum melakukan analisis trend.

METODE PENELITIAN

Data penelitian yang digunakan adalah data curah hujan bulanan dari empat stasiun hujan di kota Makassar selama 30 tahun, yaitu periode 1985 sampai 2014. Stasiun-stasiun hujan

tersebut adalah stasiun Meteorologi Maritim Paotere (MMP), stasiun Biring Romang Panakkukang (BRP), stasiun BBMKG wilayah IV Panaikang (BBMKG) dan stasiun Ujung Pandang (UP). Data tersebut diperoleh dari Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air dan Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Wilayah IV propinsi Sulawesi Selatan.

Dalam penelitian ini, kategori keadaan basah dan kering berdasarkan pada Indeks Presipitasi Terstandarisasi (Sanusi, 2017). Dua indikator yang digunakan dalam analisis ini adalah frekuensi bulan basah setiap tahun (FB) dan frekuensi bulan kering setiap tahun (FK) untuk periode tahun 1985 sampai 2014.

Identifikasi Keberadaan Autokorelasi

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengidentifikasi keberadaan autokorelasi dalam data runtun waktu adalah menggunakan uji koefisien korelasi lag-satu. Nilai koefisien korelasi lag-1 dapat dihitung sebagai berikut:

$$r_1 = \frac{\sum_{t=1}^{n-1} \frac{(x_t - \bar{x})(x_{t+1} - \bar{x})}{n-1}}{\sum_{t=1}^n \frac{(x_t - \bar{x})^2}{n}}, \quad (1)$$

dimana x_t adalah data runtun waktu untuk setiap indikator pada waktu ke- t dan n adalah jumlah data pengamatan. Uji statistik dua arah untuk kesignifikan korelasi (r_1) pada taraf signifikan 0.10 ditentukan sebagai berikut (Yue et al. 2002):

$$\frac{-1 \pm 1.645\sqrt{n-2}}{n-1}. \quad (2)$$

Data runtun dikatakan tidak berkorelasi, jika nilai r_1 berada di dalam interval pada persamaan (2), sebaliknya dikatakan berkorelasi secara signifikan, jika nilai r_1 berada di luar interval tersebut.

Prosedur *Prewhitening*

Seandainya dalam kumpulan data runtun waktu yang digunakan mempunyai autokorelasi yang signifikan, maka salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi kasus tersebut adalah melalui penggunaan metode *Prewhitening*. Metode ini bertujuan untuk membuang komponen korelasi dalam data runtun waktu. Prosedur proses *prewhitening* dilakukan sebagai berikut:

- (1) Kemiringan trend (b) bagi runtun data dihitung menggunakan metode Theil-Sen sebagai berikut:

$$b = \text{median}_{s < t} \left(\frac{x_t - x_s}{t - s} \right), \quad (3)$$

x_t dan x_s adalah nilai runtun data berturut-turut pada interval t dan s . Kemiringan trend yang diestimasi dengan menggunakan estimator Theil-Sen ini menghasilkan estimasi magnitud trend yang robust bagi runtun data hidrologi (Deni dkk. 2010, Yue dkk. 2002).

- (2) Jika nilai kemiringan mendekati nol, maka uji trend tidak perlu dilanjutkan. Namun, jika nilai itu berbeda dari nol dan diandaikan linear (Yue dkk. 2003), maka runtun data tersebut didetrend, x_t^d , sebagai berikut:

$$x_t^d = x_t - bt, \quad (4)$$

- (3) Selanjutnya dilakukan proses *prewhitening* yang diawali dengan menghitung nilai koefisien korelasi lag-1 (r_1^d) untuk runtun data detrend berdasarkan persamaan (4) dan kemudian buang komponen AR(1) dari runtun data detrend x_t^d sebagai berikut:

$$x_t^p = x_t^d - r_1^d x_{t-1}^d. \quad (5)$$

dimana x_t^p ($t = 2, \dots, n$) adalah runtun data setelah melalui proses *prewhitening*. Nilai

ini menghasilkan runtun data yang sudah tidak saling berkorelasi lagi.

- (4) Nilai x_t^p yang telah diperoleh dari persamaan (5), kemudian digabungkan dengan nilai kemiringan b yang diperoleh dari persamaan (3) sebagai berikut:

$$x_t^b = x_t^p + bt. \quad (6)$$

Runtun data gabungan x_t^b yang diperoleh ini tidak lagi dipengaruhi oleh keberadaan autokorelasi (Deni et al. 2010, Yue et al. 2002).

Analisis Trend

Jika x_1, x_2, \dots, x_n merupakan kumpulan data bagi setiap indikator yang digunakan, maka statistik uji Mann-Kendall S adalah sebagai berikut:

$$S = \sum_{s=1}^{n-1} \sum_{t=s+1}^n \text{sign}(x_t - x_s), \quad (7)$$

dengan x_s adalah data runtun bagi setiap indikator pada waktu ke- s , dan n adalah panjang runtun data, serta

$$\text{sign}(x_t - x_s) = \begin{cases} 1, & (x_t - x_s) > 0 \\ 0, & (x_t - x_s) = 0 \\ -1, & (x_t - x_s) < 0 \end{cases}$$

Di bawah hipotesis nol, statistik S menghampiri distribusi normal apabila $n \geq 8$ dengan nilai rata-rata nol dan varians

$$\text{Var}(S) = \frac{1}{18} \left\{ n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^p t_j(t_j-1)(2t_j+5) \right\} \quad (8)$$

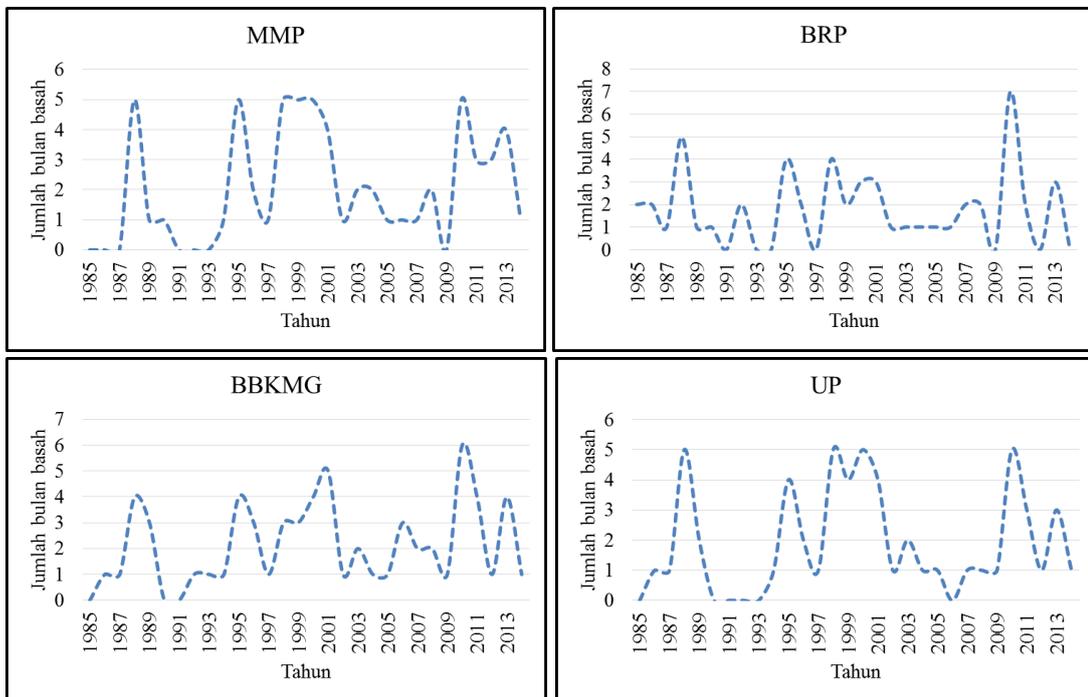
dengan p merupakan jumlah pasangan data yang bernilai sama dan t_j adalah jumlah data dalam kumpulan data runtun ke- j . Kesignifikanan trend dapat diperoleh dengan menggunakan uji statistik Mann-Kendall standar Z_S (Kendall 1975) dengan rumus sebagai berikut:

$$Z_S = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{Var(S)}}, & S > 0 \\ 0, & S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{Var(S)}}, & S < 0 \end{cases} \quad (9)$$

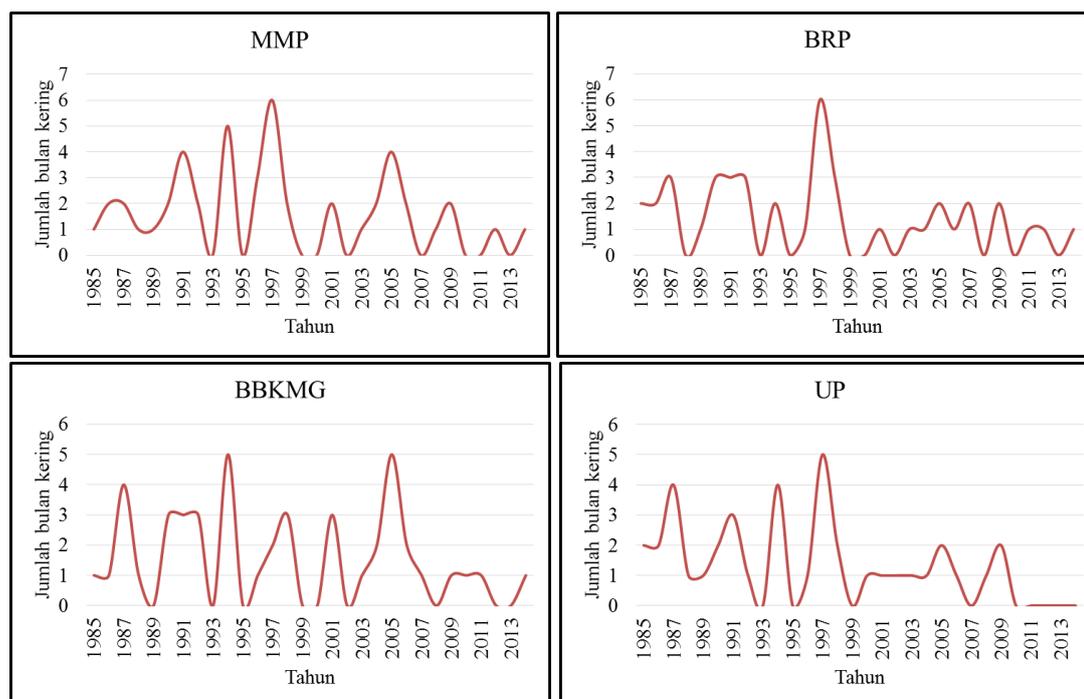
dengan Z_S berdistribusi normal baku. Nilai Z_S yang positif menunjukkan trend meningkat dan nilai Z_S yang negatif menunjukkan trend menurun, serta nilai nol menunjukkan tidak ada trend.

HASIL PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan data frekuensi jumlah bulan basah dan kering selama 30 tahun yang diperoleh dari empat stasiun hujan di kota Makassar. Kategori keadaan basah dan kering yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan Indeks Presipitasi Terstandarisasi. Plot runtun waktu jumlah bulan basah dan jumlah bulan kering diberikan dalam Gambar 1-2. Gambar 1 memperlihatkan bahwa semua stasiun, umumnya mengalami bulan basah selama 1 bulan, namun demikian di stasiun MMP pernah mengalami keadaan basah selama 5 bulan, di stasiun BRP selama 7 bulan pada tahun 2010, di stasiun BBKMG selama 6 bulan pada tahun yang sama. Sementara di stasiun UP mengalami keadaan basah selama 4 bulan dengan frekuensi 4 kali dalam 30 tahun.



Gambar 1. Plot runtun waktu jumlah bulan basah



Gambar 2. Plot runtun waktu jumlah bulan kering

Gambar 2 menunjukkan bahwa semua stasiun, umumnya mengalami bulan kering selama 1 bulan, kecuali di stasiun MMP umumnya mengalami keadaan kering selama 2 bulan. Di stasiun MMP dan BRP pernah mengalami keadaan kering selama 6 bulan, yaitu pada tahun 1997. Demikian pula di stasiun UP juga mengalami keadaan kering selama 5 bulan pada tahun yang sama. Kondisi ini merupakan dampak dari peristiwa El Nino yang terjadi dalam kurun waktu 1997/1998. Sementara di stasiun BBKMG juga pernah mengalami keadaan kering selama 5 bulan pada tahun 1994 dan 2005.

Sebelum melakukan analisis trend terlebih dahulu dilakukan pengujian keberadaan autokorelasi pada data runtun waktu. Tabel 1 menunjukkan bahwa runtun data jumlah bulan basah (FB) mempunyai autokorelasi yang signifikan, masing-masing di stasiun MMP dan stasiun UP, sementara dua stasiun lainnya diidentifikasi tidak mempunyai autokorelasi yang signifikan. Untuk indikator jumlah bulan kering (FK) bagi keempat-empat stasiun hujan diidentifikasi tidak mempunyai autokorelasi yang signifikan.

Tabel 1. Hasil pengujian autokorelasi

Stasiun	Koefisien korelasi FB	Keputusan	Koefisien korelasi FK	Keputusan
MMP	0.26	Berkorelasi	0.07	Tidak berkorelasi
BRP	0.23	Tidak berkorelasi	0.12	Tidak berkorelasi
BBKMG	0.14	Tidak berkorelasi	-0.09	Tidak berkorelasi
UP	0.34	Berkorelasi	0.06	Tidak berkorelasi

Selanjutnya, data untuk indikator frekuensi bulan basah (FK) di stasiun MMP dan stasiun UP dilakukan proses

prewhitening untuk mendapatkan kumpulan data yang tidak saling berkorelasi. Setelah itu dilakukan analisis trend menggunakan uji

Mann-Kendall yang hasilnya ditampilkan pada Tabel 2.

Hasil dalam Tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat trend positif di stasiun hujan BBMKG untuk indikator frekuensi/jumlah bulan basah (FB). Hasil ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan frekuensi bulan basah dalam setiap dekade 5 tahunan sepanjang 30 tahun kajian seperti yang juga ditampilkan pada Gambar 1 untuk stasiun

BBMKG. Tabel 2 untuk indikator frekuensi bulan kering (FK) menunjukkan bahwa terdapat trend negatif di stasiun UP. Hasil ini menunjukkan bahwa setelah tahun 1997 telah terjadi penurunan frekuensi/jumlah bulan kering dari tahun ke tahun seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 2 untuk stasiun UP.

Tabel 2. Hasil pengujian Mann-Kendall

Stasiun	Indikator FB				Indikator FK			
	S	Z	Prob.	Keputusan	S	Z	Prob.	Keputusan
MMP	66	1.28	0.099	Tidak ada trend	-81	-1.48	0.069	Tidak ada trend
BRP	-18	-0.31	0.377	Tidak ada trend	-88	-1.61	0.053	Tidak ada trend
BBMKG	91	1.67	0.047	Ada trend	-72	-1.31	0.094	Tidak ada trend
UP	15	0.28	0.391	Tidak ada trend	-156	-2.90	0.002	Ada trend

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini indikator yang digunakan dalam analisis trend adalah indikator frekuensi bulan basah setiap tahun dan frekuensi bulan kering setiap tahun selama 30 tahun untuk empat stasiun hujan di kota Makassar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat kasus autokorelasi untuk indikator frekuensi bulan basah di stasiun MMP dan UP, sehingga pada data tersebut dilakukan proses *prewhitening*. Hasil analisis trend menunjukkan bahwa terdapat trend positif yang signifikan untuk indikator frekuensi bulan basah di stasiun BBMKG. Sementara di stasiun UP terdapat trend negatif yang signifikan untuk indikator frekuensi bulan kering. Hasil ini diharapkan menjadi informasi yang berguna bagi pihak yang terkait dengan pengelolaan sumber air, khususnya ketika adanya kecenderungan

peningkatan frekuensi/ jumlah hujan dari waktu ke waktu,

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak BMKG wilayah IV Makassar dan PSDA provinsi Sulawesi Selatan yang telah menyediakan data untuk penelitian ini. Terima kasih pula kepada Universitas Negeri Makassar yang telah mendanai penelitian ini melalui dan PNBPNP.

DAFTAR PUSTAKA

- Burn, D.H. & Elnur, M.A.H. 2002. Detection of hydrologic trends and variability. *Journal of Hydrology* 255: 107-122.
- Deni, S. M., Jamaluddin, S., Zin, W. Z. W. & Jemain, A. A. 2010. Spatial trends of dry spells over Peninsular Malaysia during monsoon seasons. *Theor. Appl. Climatol.* 99: 357-371.
- Douglas, E.M., Vogel, R.M. & Kroll, C.N. 2000. Trends in floods and low flows

- in the United States: impact of spatial correlation. *J. Hydrol.* 240: 90–105.
- Hong, W., Leen-Kiat, S., Samal, A. & Xun-Hong, C. 2008. Trend analysis of streamflow drought events in Nebraska. *Water. Resour. Manage.* 22: 45-164.
- Jamaluddin, S., Deni, S.M., Wan Zin, W.Z. & Jemain, A.A., 2010. Spatial patterns and trends of daily rainfall regime in Peninsular Malaysia during the southwest and northeast monsoon seasons: 1975-2004. *Meteorological Atmospheric Physics* 110: 1-18.
- Juan D., Jian F., Wei X. & Peijun S. 2012. Analysis of dry/wet conditions using the standardized precipitation index and its potential usefulness for drought/flood monitoring in Hunan Province, China. *Stoch. Environ. Res. Risk. Assess.*, doi: 10.1007/s00477-012-0589-6.
- Karpouzou, D.K., Kavalieratou, S. & Babajimopoulos, C. 2010. Trend analysis of precipitation data in Pieria region (Greece). *European Water* 30: 31-40.
- Kendall. M.G. 1975. *Rank Correlation Methods*. 4th Ed. London: Charles Griffin.
- Kulkarni, A. & Von Storch, H. 1995. Monte Carlo experiments on the effect of serial correlation on the Mann–Kendall test of trend, *Meteorologische Zeitschrift* 4(2): 82–85.
- Sanusi, W. 2017. Profil karakteristik curah hujan kota Makassar. *Prosiding Seminar Nasional Lembaga Penelitian UNM*. 356-358. <http://ojs.unm.ac.id/index.php/semn-aslemlit/index>
- Shahid, S. 2010. Rainfall variability and the trends of wet and dry periods in Bangladesh. *Int. J. Climatol.* 38: 2299-2313.
- Von Storch, H. & Navarra, A. 1995. *Analysis of Climate Variability: Application of Statistical Techniques*. Springer-Verlag: New York.
- Yue, S., Pilon, P. & Phinney, B. 2003. Canadian streamflow trend detection: impacts of serial and cross-correlation. *Hydrological Sciences* 48(1): 51-63.
- Yue, S., Pilon, P., Phinney, B. & Cavadias, G. 2002. The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. *Hydrol Process* 16: 1807-1829.
- Yusof, F., Hui-Mean, F., Jamaluddin, S., Yusof, Z. & Ching-Yee, K. 2013. Rainfall characterization by application of standardized precipitation index (SPI) in Peninsular Malaysia. *Theoretical and Applied Climatology*. doi: 10.1007/s00704-013-091849.
- Yusof, F., Hui-Mean, F., Suhaila, S. & Ching-Yee, K. 2012. Trend analysis for drought event in Peninsular Malaysia. *Jurnal Teknologi* 57: 211-218.
- Zhang, X., Harvey, K.D., Hogg, W.D. & Yuzyk, T.R. 2001. Trends in Canadian streamflow, *Water Resour. Res.* 37(4): 987–998.
- Zhang, X., Vincent, L.A., Hogg, W.D. & Nitsoo, A. 2000. Temperature and precipitation trends in Canada during the 20th century. *Atmosphere Ocean* 38(3): 395–429.