

Penggunaan Analisis Frekuensi Banjir

Ani Shabri

Jabatan Matematik, Fakulti Sains
Universiti Teknologi Malaysia
81310 UTM, Skudai, Johor, Malaysia.

Abstrak Analisis frekuensi serantau bagi aliran maksimum tahunan dibentangkan sebagai kaedah penyelidikan. Rekod bagi aliran sungai maksimum tahunan daripada 44 stesen di Semenanjung Malaysia dengan panjang daripada 12 hingga 31 digunakan dalam kajian ini. Statistik L-momen menunjukkan bahawa data dalam rantau kajian adalah homogen dan taburan Pearson III dan Lognormal III memberikan pemadanan kesesuaian terbaik. Apabila rantau kajian dipecahkan kepada beberapa rantau yang kecil berdasarkan saiz sampel, ianya juga menunjukkan kehomogenan dan taburan Nilai Ekstrim Umum menunjukkan pemadanan yang terbaik.

Katakunci Homogen, 'Discordancy', L-Momen, 'Heterogenity', puncak aliran banjir maksimum tahunan, puncak di atas paras.

Abstract A regional frequency of annual maximum streamflow was presented as method for investigating. Records of annual maximum streamflow from 44 Peninsular Malaysia station with lengths from 12 to 31 were used in this study. L-moment statistics showed that the regional study is homogeneous and that the Pearson III and Lognormal III distribution gave the best fit. When the region is subdivided into several smaller regions according to the sample size, smaller region also showed homogeneous and General Extreme Value distribution gave the best fit.

Keywords Homogeneous, 'Discordancy', L-Moment, 'Heterogenity', annual maximum flood peaks, peaks over a threshold.

1 Pengenalan

Banjir adalah kejadian ekstrim yang menyebabkan kerosakan yang besar ke atas harta benda dan membunuh beribu-ribu manusia. Menganggar kebarangkalian dan magnitud berlakunya banjir ekstrim pada masa hadapan adalah penting untuk mencegah kerosakan atau kemusnahan harta benda supaya tidak menjadi begitu tinggi. Banjir ekstrim adalah peristiwa yang berlaku secara purata dengan tempoh ulangan antara 100 dan 10 000 tahun

atau lebih. Kebarangkalian banjir sedemikian berlaku sepanjang hayat adalah penting dalam mereka bentuk dan membina struktur tertentu seperti pembentung, jambatan, kerja-kerja pencegahan banjir, empangan dan sebagainya. Adalah sukar untuk menganggar kekerapan kejadian ekstrim disebabkan kejadian ekstrim yang didefinisikan jarang berlaku dan rekod data yang ada selalunya pendek.

Objektif analisis frekuensi banjir adalah untuk menganggar magnitud banjir yang berpadanan dengan sebarang tempoh ulangan yang diperlukan dengan menggunakan taburan kebarangkalian. Tempoh ulangan juga dirujuk sebagai julat perulangan dipilih bergantung kepada projek dan kepentingan rekabentuk struktur berdasarkan paras banjir akan berlaku. Sebagai contoh jangka hayat tambak dan empangan direkabentuk untuk menahan banjir besar melebihi 50 dan 10 000 tahun masing-masing. Hubungan tempoh ulangan dan magnitud digunakan oleh jurutera dalam merekabentuk jambatan, benteng, pembentung dan struktur kawalan banjir, lihat Al-Khudhairy [1].

Mengenalpasti taburan statistik sebenar yang sesuai dipadankan dengan pelbagai set data hidrologi menjadi masalah utama yang dihadapi oleh jurutera terutamanya apabila set data adalah bersaiz kecil. Masalah yang wujud adalah berkaitan dengan mengenalpasti taburan statistik yang sesuai untuk menerangkan data dan menganggarkan parameter taburan yang dipilih. Di negara-negara membangun seperti Malaysia rekod data kejadian banjir yang relevan adalah bersaiz kecil. Analisis frekuensi serantau menggunakan kaedah L-Momen didapati sesuai untuk menyelesaikan masalah ini berdasarkan data yang diperolehi daripada beberapa setesen, lihat Al-Khudhairy [1]. Banyak kajian-kajian terbaru Al-Khudhairy [1], Chowhury et al. [2], Clausen dan Pearson[3], Hosking [5], Hosking dan Wallis[6], Madsen et al. [7], Stedinger et al. [8], Vogel et al. [9] dan [10] menggunakan kaedah L-Momen untuk dipadankan dengan data aliran banjir beberapa rantau di dunia dan didapati kaedah ini sesuai dalam memilih model taburan terbaik.

Oleh itu kajian ini dilakukan menggunakan kaedah L-momen bersama-sama pengujian statistik bagi menentukan model taburan terbaik untuk memodelkan data aliran sungai maksimum tahunan di Semenanjung Malaysia.

2 Model Taburan Frekuensi Serantau

Kebanyakan kaedah analisis frekuensi banjir adalah berdasarkan penggunaan puncak aliran banjir maksimum tahunan. Sebaliknya hanya terdapat beberapa penyelidik menggunakan puncak di atas paras. Dalam memilih taburan frekuensi dalam analisis frekuensi banjir serantau, Hosking dan Wallis [6] mencadangkan tiga langkah berikut:

- (i) memeriksa data
- (ii) mengenalpasti rantau yang homogen
- (iii) pemilihan taburan frekuensi

Hosking dan Wallis [6] menggunakan tiga ukuran statistik yang berbeza dalam menganalisis taburan banjir serantau iaitu ukuran 'discordance' iaitu untuk mengenalpasti data dalam kawasan yang luar biasa, ukuran 'heterogeneity' untuk menentukan sama ada rantau yang dicadangkan adalah homogen dan ukuran kesesuaian pepadanan digunakan untuk menentukan sama ada taburan yang digunakan bersesuaian dengan data.

3 Indeks Banjir Berdasarkan Nisbah L-Momen

Prosedur indeks banjir yang diperkenalkan oleh Hosking dan Wallis [6], juga dikenali sebagai algorithm L-Momen kawasan, menggunakan nisbah L-momen data disetiap setesen dan digabungkan bersama untuk membentuk purata nisbah L-momen. Indeks banjir diandaikan sebagai min bagi taburan frekuensi pada setiap setesen dan ianya dianggarkan dengan min sampel daripada data yang diperolehi disetiap setesen.

4 Kaedah L-Momen

Kaedah L-momen dan kebarangkalian pemberat momen (PWM) adalah serupa dengan kaedah momen iaitu ianya bertujuan untuk meringkaskan taburan kebarangkalian teori dan sampel cerapan. Seperti kaedah momen biasa, kaedah L-momen juga boleh digunakan untuk menganggar parameter, selang keyakinan dan pengujian hipotesis.

L-momen adalah fungsi linear bagi PWM. PWM telah diperkenalkan oleh Greenwood et al. [4]. PWM bagi taburan kebarangkalian ditakrifkan sebagai

$$\begin{aligned} \beta_r &= E \{x[F(x)]^r\} \\ &= \int_0^1 x \{F(x)\}^r dF(x), \quad r = 0, 1, 2, \dots \end{aligned}$$

dengan β_r adalah peringkat ke- r bagi PWM dan $F(x)$ adalah fungsi taburan kumulatif bagi X . L-momen adalah gabungan linear sebutan PWM dan ditakrifkan sebagai

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \beta_0 \\ \lambda_2 &= 2\beta_1 - \beta_0 \\ \lambda_3 &= 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0 \\ \lambda_4 &= 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0 \end{aligned}$$

L-momen pertama ialah min, sebagai ukuran memusat populasi. L-momen kedua ialah ukuran serakan iaitu mengukur serakan nilai data terhadap nilai min. Nisbah L-momen ditakrifkan sebagai

$$\tau_r = \frac{\lambda_r}{\lambda_2}$$

Dimensi bagi kuantiti ini tak bersandar terhadap sebarang unit ukuran data. τ_3 ialah ukuran kepencongan dan τ_4 ialah ukuran bagi kurtosis masing-masing dikenali sebagai L-kepencongan dan L-kurtosis. Ianya mengambil nilai antara -1 dan 1.

L-momen bagi pekali variasi (sisihan piawai dibahagikan dengan min) ialah L-Cv dan ditakrifkan sebagai

$$\tau = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

Ianya mengambil nilai antara 0 dan 1. PWM bagi data sampel dikira daripada nilai data x_1, x_2, \dots, x_n yang disusun mengikut tertib menaik yang diberikan oleh

$$b_0 = n^{-1} \sum_{j=1}^n x_j,$$

$$b_r = n^{-1} \sum_{j=r+1}^n \frac{(j-1)(j-2)\dots(j-r)}{(n-1)(n-2)\dots(n-r)} x_j$$

L-momen bagi empat yang pertama ditakrifkan sebagai

$$\begin{aligned} l_1 &= b_0 \\ l_2 &= 2b_1 - b_0 \\ l_3 &= 6b_2 - 6b_1 + b_0 \\ l_4 &= 20b_3 - 30b_2 + 12b_1 - b_0 \end{aligned}$$

Nisbah L-momen ditakrifkan sebagai

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{l_2}{l_1} = \text{L-Cv Sampel} \\ t_3 &= \frac{l_3}{l_2} = \text{L-Kepencongan Sampel} \\ t_4 &= \frac{l_4}{l_2} = \text{L-Kurtosis sampel} \end{aligned}$$

Purata nisbah L-momen bagi pelbagai data yang diperolehi dari kawasan kajian ditakrifkan sebagai

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^N n_i t^{(i)}}{\sum_{i=1}^N n_i}$$

dan

$$\bar{t}_r = \frac{\sum_{i=1}^N n_i t_r^{(i)}}{\sum_{i=1}^N n_i}, \quad r = 3, 4, \dots$$

dengan N adalah bilangan data dalam rantau kajian, n_i adalah saiz sampel ke- i . Simbol (i) digunakan untuk mengelakkan kekeliruan semasa pengiraan.

5 Pemeriksaan Data

Dalam sebarang analisis statistik, langkah pertama adalah memeriksa data sama ada data tersebut terdapat ralat yang besar atau data yang tidak konsisten. Gambarajah L-Cv melawan L-Kepencongan dan ukuran 'Discordancy' digunakan untuk melihat samada data kajian tersebut terdapat data yang tak konsisten atau lebih dikenali sebagai titik terpencil (outlier), lihat Hosking dan Wallis [6]. Ukuran 'discordancy' untuk data ke- i ditakrifkan sebagai

$$D_i = \frac{N}{3(N-1)} (u_i - \bar{u})^r S^{-1} (u_i - \bar{u})$$

dengan

$$\begin{aligned}
 S &= (N - 1)^{-1} \sum_{i=1}^N (u_i - \bar{u})(u_i - \bar{u})^r \\
 \bar{u} &= N^{-1} \sum_{i=1}^N u_i \\
 u_i &= \left[\tau^{(i)} \tau_3^{(i)} \tau_4^{(i)} \right]
 \end{aligned}$$

adalah vektor mengandungi nilai τ , τ_3 dan τ_4 untuk data ke- i . Sekiranya nilai ukuran 'discordancy' D_i lebih besar atau sama dengan Nilai Kritikal (lihat lampiran 2) maka data ke- i dikatakan sebagai data terpercil dan ianya perlulah diasingkan atau disingkirkan.

6 Pengujian Heterogeneity

Hosking dan Wallis [6] menggunakan pengujian 'heterogeneity' H , berdasarkan sebaran L-Cv sampel antara data dalam rantau. Tujuan utama pengujian ini adalah untuk menentukan darjah kehomogenan kumpulan data dalam rantau kajian. Ukuran 'heterogeneity' H ditakrifkan sebagai

$$H = \frac{(V - \mu_V)}{\sigma_V}$$

dengan

$$V = \frac{\sum_{i=1}^N n_i (\tau^{(i)} - \bar{\tau})^2}{\sum_{i=1}^N n_i}$$

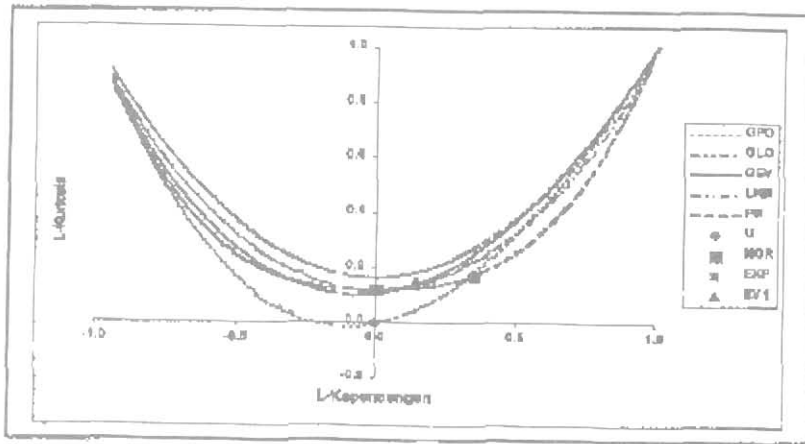
μ_V dan σ_V ialah min dan sisihan piawai bagi V masing-masing diperolehi melalui kaedah simulasi dengan N adalah bilangan data dalam rantau kajian. Hosking dan Wallis [6] mencadangkan bahawa rantau tersebut adalah homogen jika $H < 1$, kemungkinan heterogeneity jika $1 \leq H < 2$ dan benar-benar heterogeneity jika $H \geq 2$.

Sekiranya rantau kajian homogen maka kesemua cerapan data tersebut dikatakan mempunyai L-momen populasi yang sama. Sekiranya rantau kajian tidak homogen maka rantau tersebut boleh dipecahkan kepada dua atau lebih rantau atau sebahagian daripada data boleh disingkirkan atau digabungkan dengan data dari rantau-rantau lain, lihat Hosking dan Wallis [6].

7 Pengujian Kesesuaian Model Taburan

Gambarajah nisbah L-momen digunakan untuk membandingkan hubungan L-kepelecekan dan L-kurtosis bagi pelbagai taburan kebarangkalian dengan data sampel. Gambarajah ini mempunyai kelebihan iaitu ianya boleh membandingkan kesesuaian taburan dengan data berdasarkan hanya menggunakan satu graf sahaja.

Rajah 1 menunjukkan perbandingan antara L-kepencongan dan L-kurtosis bagi taburan eksponen (EXP), seragam (U), normal (NOR), Nilai Ekstrim I (EV1), Pearson Jenis III (PIII), Lognormal III (LNIII), Nilai ekstrim umum (GEV), Logistik Umum (GLO) dan Pareto Umum (GPA).



Rajah 1: Gambarajah L-Momen Bagi Menunjukkan Hubungan Antara Taburan EXP,U, NOR, EV1, GPO, GLO, GEV, LNIII dan PIII

Rajah 1 menunjukkan bahawa taburan yang mempunyai dua parameter (EXP, U, NOR, EV1) digambarkan dengan titik bagi L-kepencongan dan L-kurtosis manakala taburan dengan tiga parameter (GPO, GLO, GEV, LNIII, PIII) digambarkan dengan satu garisan melengkung. Rajah 1 dibina berdasarkan penghampiran polinomial yang telah dibangunkan oleh Hosking [5] dan diringkaskan oleh Stedinger et al. [8].

Sekiranya data daripada rantau kajian didapati homogen, maka pemilihan taburan frekuensi boleh dibuat berdasarkan gambarajah L-momen dan pengujian statistik Z. Pengujian statistik Z digunakan untuk menentukan taburan yang sesuai dipadankan dengan data dalam rantau kajian. Pengukuran statistik Z ditakrifkan sebagai

$$Z^{Dist} = \frac{\tau_4^{Dist} - \bar{t}_4}{\sigma_4}$$

dengan

$$\sigma_4 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_{sim}} (t_4^{(i)} - \bar{t}_4)^2 - N_{sim} \bar{t}_4^2}{N_{sim} - 1}}$$

dan

$$\bar{t}_4 = \frac{\sum_{i=1}^{N_{sim}} t_4^{(i)}}{N_{sim}}$$

τ_4^{Dist} adalah L-kurtosis bagi taburan populasi. σ_4 adalah sisihan piawai bagi \bar{t}_4 yang diperolehi melalui simulasi. Sekiranya nilai Z^{Dist} menghampiri sifar atau $|Z^{Dist}| \leq z_{\alpha/2}$ maka

kita katakan taburan yang dipilih benar-benar sesuai dipadankan dengan data dalam rantau kajian.

8 Analisis Kajian

Rekod data aliran sungai tahunan maksimum yang diperolehi daripada 44 setesen di seluruh Semenanjung Malaysia digunakan dalam kajian ini. Data ini diperolehi daripada Jabatan Parit dan Saliran di Ampang Selangor. Keseluruhan data mengandungi 44 sampel dengan saiz sampel berlainan iaitu daripada 12 tahun ke 31 tahun. Nombor setesen, rantau tadahan, luas rantau tadahan dan tempoh data ditunjukkan dalam lampiran 1. Dalam kajian ini andaian dibuat bahawa setiap data diperolehi mempunyai kesamaan dari segi fizikal dan ekologi.

Nilai L-Cv dan L-Kepencongan dikira menggunakan kaedah L-momen. Purata bagi L-Cv dan L-kepencongan bagi 44 cerapan data adalah 0.3209 dan 0.1864 masing-masing. Nilai ini menunjukkan bahawa cerapan data tidak mempunyai pekali kepencongan yang tinggi. Nilai L-Cv dan L-Kepencongan untuk 44 data sampel ini ditunjukkan dalam Rajah 2 yang menunjukkan kesemua data berpusat pada titik purata L-Cv dan L-kepencongan kecuali satu titik iaitu nilai L-Cv ialah 0.2192 dan L-Kepencongan ialah -0.3013 .

Lampiran 1 menunjukkan nilai L-momen bagi data aliran sungai dan hasil pengujian 'discordancy'. Terdapat hanya satu titik iaitu data pada nombor setesen 5405421 yang menghasilkan nilai $D_1 = 3.830$ iaitu melebihi 3.0. Data ini dikenali sebagai titik terencil dan ianya disingkirkan.

9 Pengujian Kehomogenan

Dalam kajian ini rantau kajian dibahagikan kepada dua bahagian iaitu

- (i) seluruh rantau kajian yang terdiri daripada 43 data (1 data disingkirkan) dan
- (ii) seluruh rantau kajian dibahagikan kepada 4 bahagian iaitu berdasarkan saiz sampel

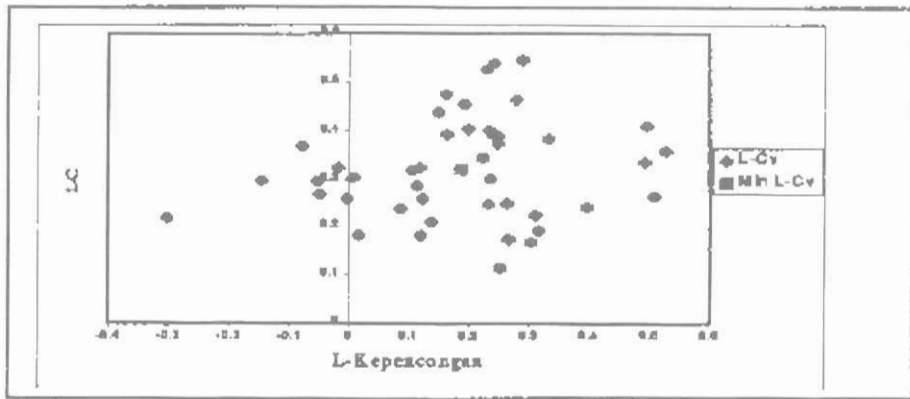
Jadual 2 menunjukkan hasil pengujian heterogeneity H ke atas seluruh rantau dan rantau-rantau yang kecil. Nilai μ_V dan σ_V diperolehi berdasarkan simulasi menggunakan taburan Kappa. Hasil simulasi yang telah dilakukan oleh Hosking dan Wallis [6] digunakan dalam kajian ini. Nilai μ_V dan σ_V daripada hasil kajian mereka ialah

$$\mu_V = 0.0096$$

dan

$$\sigma_V = 0.0016$$

Jadual 2 menunjukkan bahawa data bagi seluruh rantau kajian menghasilkan $H < 1$ manakala data bagi kesemua 4 rantau yang dipecahkan juga menghasilkan $H < 1$ kecuali rantau 3. Ini menunjukkan bahawa seluruh rantau dan rantau yang dipecahkan adalah homogen. Rantau 3 menghasilkan nilai H antara 1 dan 2 iaitu kemungkinan 'heterogeneity' dan masih boleh dianggap sebagai homogen. Nilai H negatif menunjukkan bahawa antara cerapan data sampel dengan sampel yang lain kurang berselerak iaitu nilai L-Cv mempunyai nilai yang hampir sama maka kita boleh katakan bahawa rantau ini adalah homogen. Oleh itu pemilihan taburan boleh dilakukan.



Rajah 2: Taburan Bagi L-Kepencongan Dan L-Cv Aliran Sungai Tahunan Maksimum Semenanjung

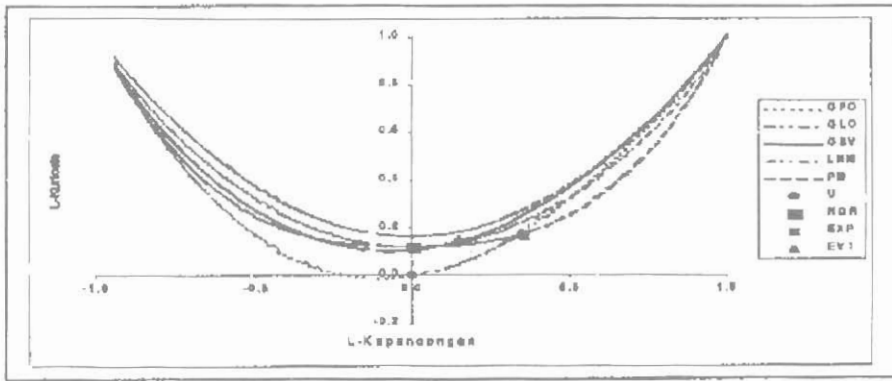
10 Pemilihan Taburan Frekuensi Banjir

Lima taburan dengan tiga parameter (GLO, GPO, GEV, LNIII dan PIII) dan empat taburan dengan dua parameter (EXP, U, NOR dan EV1) digunakan dalam kajian ini untuk dipadankan dengan data dari 43 setesen. Rajah 2 menunjukkan gambarajah nisbah L-momen bagi taburan teori dan taburan bagi L-Kepencongan dan L-Kurtosis bagi cerapan data seluruh Semenanjung Malaysia yang dibahagikan kepada empat rantau iaitu rantau 1, rantau 2, rantau 3 dan rantau 4 yang ditandakan dengan K1, K2, K3 dan K4. Berdasarkan Rajah 3 adalah agak sukar untuk menentukan taburan yang benar-benar sesuai dipadankan dengan data. Hosking [5] mencadangkan supaya purata L-kepencongan dan L-kurtosis bagi sampel data digunakan untuk menentukan model yang terbaik.

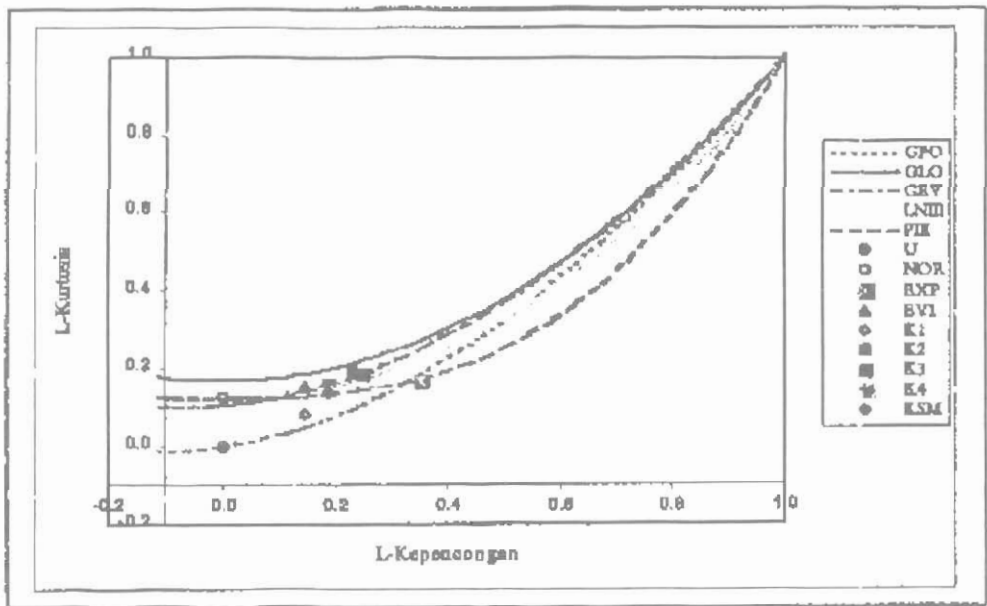
Rajah 4 adalah gambarajah nisbah L-momen yang menunjukkan purata bagi L-Kepencongan dan L-kurtosis bagi data K1, K2, K3, K4 dan KSM (Rantau Semenanjung Malaysia) Berdasarkan Rajah 4 didapati purata L-kepencongan dan L-kurtosis bagi data rantau 1 menghampiri taburan GPO, data rantau 2 menghampiri taburan GEV, GLO dan LNIII, data rantau 3 menghampiri taburan GEV dan LNIII, data rantau 4 menghampiri taburan GEV dan LNIII manakala data seluruh rantau Semenanjung didapati ianya menghampiri taburan PIII, GEV dan LNII.

Pengujian statistik Z digunakan dalam kajian ini untuk menentukan samada data dalam kawasan kajian bersesuaian dengan taburan. Nilai σ_4 diperolehi berdasarkan hasil kajian yang dibuat oleh Hosking dan Wallis [6] dan nilainya adalah 0.0087. Jadual 3 menunjukkan hasil keputusan analisis bagi data aliran sungai tahunan maksimum Semenanjung Malaysia.

Jadual 1 menunjukkan bahawa taburan PIII memberikan pemadanan yang terbaik diikuti oleh taburan LNIII terhadap purata L-momen bagi data seluruh rantau Semenanjung berdasarkan pengujian statistik Z. Manakala taburan GEV menunjukkan ianya sesuai untuk dipadankan dengan purata L-momen bagi data rantau 2, rantau 3 dan rantau 4. Taburan LNIII hanya memberikan kesesuaian untuk dipadankan hanya purata L-momen data dari rantau 2. Tiada satu taburan pun yang didapati sesuai untuk dipadankan dengan data dari taburan 1. Taburan yang terbaik dipadankan dengan data ditandakan dengan *. Tabu-



Rajah 3: Gambarajah L-Momen Menerangkan Hubungan Antara L-Kurtosis Dan L-Kepencengan Bagi Taburan Teori Dan L-Kurtosis Dan L-Kepencengan Bagi Data Aliran Sungai Maksimum Tahunan Bagi K1, K2, K3 dan K4



Rajah 4: Gambarajah L-Momen Menerangkan Hubungan Antara L-Kurtosis Dan L-Kepencengan Bagi Taburan Teori Dan Purata L-Kurtosis Dan L-Kepencengan Bagi Data Aliran Sungai Maksimum Tahunan K1, K2, K3, K4 Dan KSM.

Jadual 1: Hasil Keputusan analisis bagi data aliran Sungai Tahunan Maksimum Semenanjung Malaysia. H ialah ujian kehomogenan. Taburan yang sesuai adalah taburan yang memberikan nilai $|z| < 1.96$. Taburan yang menghasilkan $|z|$ terkecil ditandakan dengan *

Rantan	Saiz Sampel	Bilangan Sampel	Purata			H	Taburan yang Sesuai
			\bar{t}_2	\bar{t}_3	\bar{t}_4		
Seluruh	12 - 31	43	0.3232	0.1878	0.1358	0.6907	PIII*, LNIII
Rantau 1	28 - 31	13	0.3921	0.1441	0.0803	-2.5271	Tiada
Rantau 2	21 - 25	9	0.3223	0.2290	0.1912	-0.9696	GEV
Rantau 3	18 - 20	10	0.2865	0.1869	0.1614	1.3266	GEV*, LNIII
Rantau 4	12 - 15	11	0.3256	0.2459	0.1824	0.1141	GEV*, LNIII

ran EV1, GLO, GPO, U, EXP, NOR didapati memberikan pemadanan yang tidak baik terhadap data berdasarkan pengujian statistik Z dengan paras keertian $\alpha = 0.05$

11 Kesimpulan

Objektif kajian ini adalah untuk memilih satu set taburan kebarangkalian untuk memodelkan aliran banjir maksimum di Semenanjung Malaysia. Statistik L-Momen didapati berupaya untuk mengesan cerapan data terpencil dan menentukan kawasan kajian yang homogen. Berdasarkan gambarajah L-momen dan pengujian statistik Z didapati taburan PIII dan LNIII sesuai digunakan untuk memodelkan data aliran banjir di Semenanjung Malaysia. Manakala apabila kawasan kajian dibahagikan kepada empat subkawasan mengikut saiz didapati taburan GEV memberikan kesesuaian yang terbaik untuk saiz sampel dari 12 hingga 25 dan apabila saiz sampel dari 28 hingga 31 digunakan tiada satu taburan yang didapati sesuai untuk memodelkan data tersebut. Taburan kebarangkalian dengan dua parameter seperti taburan EV1, EXP, NOR dan U didapati tidak sesuai digunakan.

Rujukan

- [1] D. H. A. Al-Khudhairy *Regional Flood Frequency Analysis*, European Commission, Joint Research Centre, Institute for System, Informatics and Safety, 1998.
- [2] J.U. Chowhury, J. R. Stedinger & L. Lu, *Goodness-of-Fit for Regional Generalized Extreme Value Flood Distributions*, Water Resour. Res. **27(7)**(1991), 1765-1776.
- [3] B. Clausen & C.P. Pearson, *Regional Frequency Analysis of Annual Maximum Streamflow Drought*, Journal of Hydrology, **173**(1995), 111-130.

- [4] J.A. Greenwood, J.M. Landwehr, N.C. Matalas & J.R. Wallis, *Probability Weighted Moments: Definition and Relation To Parameters of several distributions expressible in inverse form*, Water Resour. Res., **15(5)**(1979) 1049-1054.
- [5] J.R.M. Hosking, *Analysis and Estimation of Distributions Using Linear Combination of Order Statistics*, IBM Research Division, T.J. Watson Research Center Yorktown Heights, New York 10598, 1989.
- [6] J.R.M. Hosking & J.R. Wallis, *Some Statistics Useful In Regional Frequency Analysis*, Water Resour. Res., **29(2)**(1993), 271-281.
- [7] H. Madsen, C.P. Pearson & D. Rosbjerg, *Comparison of Annual Maximum Series and Partial Duration Series Methods for Modeling Extreme Hydrologic Events*, Water Resour. Res., **33(4)**(1997) 759-769.
- [8] J.R. Stedinger, R.M. Vogel & G.E. Foufoula, *Frequency Analysis of Extreme Events. Handbook of Applied Hydrology*, Mc-Graw Hill Book Co., New York , bab 18, 1993.
- [9] R. M. Vogel, W.O. Thomas & T.A. McMahon, *Floodflow frequency model Selection in Southwestern U.S.A.*, J. Water Resour., Planning Manage., ASCE, **119(3)**(1993).
- [10] R. M. Vogel, W.O. Thomas, T.A. McMahon & H.S. Chiew, *Floodflow frequency model Selection in Australia*, Journal of Hydrology, **146**(1993), 421-449.

Lampiran 1: Nombor Setesen, Rantau Tadahan, Luas, Tempoh Data Dan L-Momen Serta Hasil Ujian 'Discordancy' Bagi Aliran Sungai Maksimum Tahunan Semananjung Malaysia

No Setesen	Rantau Tadahan	Luas (km ²)	Tempoh Data	t_2	t_3	t_4	D_i
<u>Negeri Johor</u>							
1737451	Sg. Johor di Rantau Panjang	1130	63-90(28)	0.400	0.234	0.160	0.306
1931423	Sg. Semberong di Batu 2 Yong Peng	186	75-88(14)	0.248	0.232	0.161	0.399
2130422	Sg. Bekok di Batu 77, Yong Peng	350	76-90(15)	0.258	-0.003	0.132	0.551
2237471	Sg. Lenggong di Bt 42 Kluang Mersing	207	61-90(30)	0.393	0.164	0.066	0.203
2527411	Sg. Muar di Buloh Kasap	3130	78-90(13)	0.240	0.397	0.237	1.123
<u>Negeri Melaka</u>							
2224432	Sg. Kesang di Chin Chin	161	70-90(21)	0.357	0.528	0.466	2.869
2322413	Sg. Melaka di Pantai Belimbing	350	60-78(18)	0.388	0.248	0.046	0.533
<u>Negeri Sembilan</u>							
2519421	Sg. Linggi di Sua Betong	523	60-90(31)	0.317	0.105	0.140	0.131
250423	Sg. Pedas di Kg. Pilin Sembilan	111	66-90(25)	0.209	0.138	0.164	0.454
2525415	Sg. Gemencih di Jln. Gemas Rompin	453	60-90(31)	0.463	0.279	0.180	1.024
2625412	Sg. Muar di Bt. 57 Jln Gemas Rompin	1210	60-90(31)	0.456	0.192	0.045	0.587
2722413	Sg. Muar di Kuala Pilah	370	60-90(31)	0.374	0.248	0.162	0.135
3022413	Sg. Triang di Juntai	904	70-90(21)	0.249	0.264	0.341	0.848
<u>Negeri Selangor</u>							
2816441	Sg. Langat di Dengkil	1240	70-90(21)	0.345	0.222	0.177	0.074
3414421	Sg. Selangor di Rantau Panjang	186	60-80(21)	0.526	0.229	-0.070	1.793
3615412	Sg. Bernam di Tanjung Malim	186	60-90(31)	0.303	0.008	-0.014	0.717
3813411	Sg. Bernam di Jambatan S.K.C.	1090	77-90(14)	0.263	0.508	0.448	1.958
<u>Wilayah Persekutuan</u>							
3116433	Sg. Gombal di Jln. Tun Razak	122	60-80(21)	0.334	0.491	0.285	1.093
3116434	Sg. Batu Sentol	145	60-90(31)	0.404	0.199	0.041	0.369
<u>Negeri Pahang</u>							
3224433	Sg. Triang di Jln. Keretapi	1870	72-87(16)	0.324	-0.018	0.047	0.506
3424411	Sg. Pahang di Temerloh	19000	71-84(14)	0.285	0.113	-0.046	1.751
3519426	Sg. Bentong di Jln. Jambatan K Marong	241	70-90(21)	0.258	0.123	0.073	0.513
4019462	Sg. Lipis di Benta	1670	70-88(19)	0.167	0.303	0.161	2.209
4121413	Sg. Jelai di Jambatan Bunggor	6030	72-89(18)	0.180	0.119	0.257	0.743
4223450	Sg. Tembeling di Kg. Merting	5010	73-84(12)	0.539	0.242	-0.090	2.160
<u>Negeri Perak</u>							
3813414	Sg. Trolak di Trolak	66	76-88(13)	0.223	0.312	0.276	0.573
3814415	Sg. Bil di Jln. Tanjung Malim-Slim	41	66-83(18)	0.393	0.241	0.129	0.176
3814416	Sg. Slim di Slim River	455	77-90(14)	0.173	0.266	0.386	1.347
3913458	Sg. Sungkai di Sungaki	289	60-80(21)	0.382	0.332	0.122	0.479
4111455	Sg. Batang Padang di Tanjung Keramat	445	60-90(31)	0.296	-0.146	-0.010	1.290
4112459	Sg. Gedong di Bidor	108	75-85(11)	0.237	0.086	0.122	0.341
4311464	Sg. Kampar di Kg. Lanjut	432	60-90(31)	0.369	-0.080	-0.008	1.014
4809443	Sg. Perak, di Jambatan	7770	60-90(31)	0.546	0.288	0.137	2.049
4911445	Sg. Plus di Kg. Lintang	1090	73-90(18)	0.192	0.316	0.189	1.487
5007423	Sg. Ara di Batu 20, Jln Taiping	140	60-83(24)	0.269	-0.050	0.099	0.746
5106433	Sg. Ijok di Tiji Ijok	216	60-88(29)	0.301	0.236	0.096	0.455
5206432	Sg. Krian di Selama	629	72-90(19)	0.182	0.016	0.321	1.361
<u>Negeri Trengganu</u>							
4232452	Sg. Kemaman di Rantau Panjang	626	77-90(14)	0.323	0.118	0.161	0.188
4832441	Sg. Dungun di Jam. Jeranggau	1410	73-90(18)	0.295	-0.054	0.038	0.672
5130432	Sg. Trengganu di Kg. Tanggol	2690	73-90(18)	0.439	0.148	0.011	0.556
<u>Negeri Pulau Pinang</u>							
5405421	Sg. Kulim di Ara Kuda	129	60-90(31)	0.219	-0.301	0.107	3.830
5505412	Sg. Muda di Ladang Victoria	4010	76-90(15)	0.114	0.252	0.271	1.640
<u>Negeri Kedah</u>							
5806414	Sg. Muda di Jeniang	1710	60-90(31)	0.476	0.161	0.057	0.852
<u>Negeri Kelantan</u>							
6022421	Sg. Kemasin di Peringat	48	61-80(20)	0.409	0.495	0.371	2.062

Lampiran 2 : Nilai Kritisal Bagi Ujian Statistik Discordancy D_i

Bilangan Data Dalam Rantau Kajian	Nilai Kritisal
5	1.333
6	1.648
7	1.917
8	2.140
9	2.329
10	2.491
11	2.632
12	2.757
13	2.869
14	2.971
≥ 15	3.00

Sumber : J.R.M. Hosking dan J.R. Wallis [6].