

Mengurai Informasi Penting pada Data Hujan Skala Singkat (Setiap Jam) Melalui Model Hujan Storm

Rado Yendra

Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim, Pekanbaru

Abstrak

Isu perubahan iklim yang terjadi pada dewasa ini telah mengakibatkan penelitian tentang pemodelan hujan dengan menggunakan data hujan skala singkat (setiap jam) sangat menarik untuk diteliti. Data hujan skala singkat dapat memberikan banyak informasi penting yang diperlukan dalam menggambarkan perubahan tingkah laku hujan yang terjadi dari waktu ke waktu. Informasi ini tentu saja akan menjadi sangat bermanfaat untuk mendeteksi akibat buruk yang disebabkan oleh tingkah laku hujan pada waktu yang akan datang. Pada penelitian ini berbagai informasi tingkah laku hujan yang dihasilkan oleh data hujan skala singkat akan diuraikan melalui dua jenis pemodelan hujan storm yaitu pemodelan hujan storm berdasarkan peristiwa (*event storm*) dan pemodelan hujan storm berdasarkan kelompok (*cluster storm*). Data hujan skala singkat (setiap jam) selama 38 tahun pada 40 stasiun hujan di Semenanjung Malaysia telah digunakan pada penelitian ini. Informasi tingkah laku hujan seperti durasi dan kelebatan hujan storm maksimum untuk 50 dan 100 tahun yang akan datang yang dihasilkan oleh model hujan storm berdasarkan peristiwa telah berhasil dipetakan pada seluruh Semenanjung Malaysia. Informasi tingkah laku hujan yang lebih lengkap yang dihasilkan melalui model hujan berdasarkan kelompok seperti waktu kedatangan awal setiap strom, frekuensi terjadinya strom, dan banyaknya sel hujan yang dikandung oleh setiap storm juga telah berhasil dipetakan di Semenanjung Malaysia.

Kata kunci: *cluster storm*, *event storm*, model hujan storm, perubahan iklim

1 Pendahuluan

Isu pemodelan hujan dengan skala singkat terutama pemodelan hujan storm yang berdasarkan peristiwa dan kelompok pada dewasa ini telah banyak menarik minat para peneliti untuk melakukan penelitian tentang model hujan ini. Secara garis besar terdapat dua alasan model hujan storm sangat penting untuk diteliti yaitu tingkah laku hujan yang sering berubah yang diakibatkan oleh perubahan iklim dan keperluan untuk menghasilkan simulasi data hujan skala singkat yang memiliki sifat hujan yang sama



dengan data hujan observasi [1].

Pemodelan hujan storm ini dapat dibagi kedalam dua jenis model, yaitu pemodelan hujan storm berdasarkan peristiwa dan pemodelan hujan storm berdasarkan kelompok [2]. Kedua jenis model hujan storm tersebut tergantung pada ketersediaan data hujan dalam skala singkat (setiap jam) dalam rentang waktu yang cukup panjang (paling sedikit 30 tahun). Kedua model ini sangat bermanfaat dalam menguraikan informasi yang sangat penting pada data hujan dalam skala singkat, informasi tersebut akan diuraikan kedalam beberapa tingkah laku hujan storm yang sangat penting untuk berbagai bidang. Informasi tingkah laku hujan storm seperti durasi hujan maksimum tahunan dan kelepatan hujan maksimum tahunan sangat penting bagi dinas Pekerjaan Umum untuk dapat membangun bendungan yang sesuai dengan keadaan tingkah laku hujan untuk 50 atau 100 tahun yang akan datang [3]. Informasi tingkah laku hujan yang lebih lengkap lagi seperti waktu bermula terjadinya storm, frekuensi terjadinya storm, dan banyak sel hujan yang terjadi dalam setiap hujan storm sangat bermanfaat untuk menghasilkan hujan sintetik atau data hujan simulasi skala singkat [4].

Pada penelitian ini 4 jenis model distribusi yang selalu digunakan untuk memodelkan peristiwa hujan storm maksimum tahunan seperti GEV (*Generalized Extrem Value*), GP (*Generalized Pareto*), GL (*Generalized Logistic*), dan LN3 (Log Normal 3 parameter) akan digunakan model hujan storm berdasarkan peristiwa dan model hujan NSRP (Neyman-Scott Rectangular Pulse) akan digunakan pada model hujan berdasarkan kelompok.

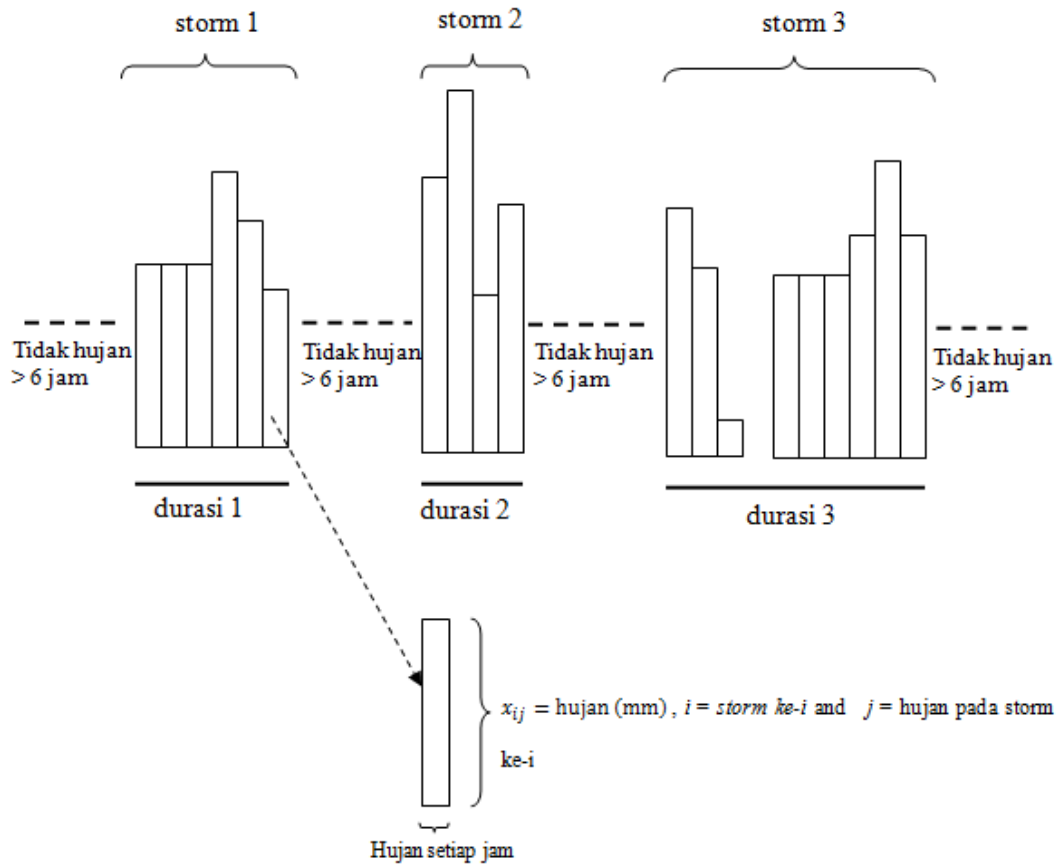
2 Model Hujan Storm Berdasarkan Peristiwa

Model hujan storm berdasarkan peristiwa dapat dilakukan dengan terlebih dahulu memberikan definisi yang tepat untuk storm. Storm didefinisikan sebagai deretan peristiwa hujan dan tak hujan, dengan 1 storm adalah hujan yang berturutan dan dipisah oleh sederetan peristiwa tidak hujan yang terjadi paling sedikit selama 6 jam [5]. Gambar 1 turut ditampilkan untuk memberikan gambaran yang jelas tentang storm dan tingkah laku hujan storm maksimum tahunan.

Misal x_{ij} adalah hujan ke- j (mm) pada storm ke- i dan n_i adalah durasi hujan untuk setiap storm (jam), maka tingkah laku hujan storm maksimum kelepatan (MSA) dan maksimum durasi (MSD) dapat didefinisikan sebagai $MSD = \text{maximum}(n_i), i = 1, 2, 3$ dan $MSA = \text{maximum}(\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}), i = 1, 2, 3$

Empat model distribusi yang sering digunakan dalam membahas tingkah laku hujan storm maksimum yaitu GEV, GP, GL dan LN 3 turut digunakan dalam penelitian ini. Bentuk fungsi densitas peluang, fungsi distribusi dan fungsi kuantil model distribusi di atas turut ditampilkan pada Tabel 1. Pada penelitian ini teknik untuk mengestimasi parameter yang ditimbulkan oleh 4 distribusi tersebut dengan menggunakan teknik *L-Momen*. Teknik ini telah diperkenalkan dengan baik oleh Hosking [6].





Gambar 1: Definisi Storm untuk model hujan storm berdasarkan peristiwa

3 Model Hujan Storm Berdasarkan Kelompok

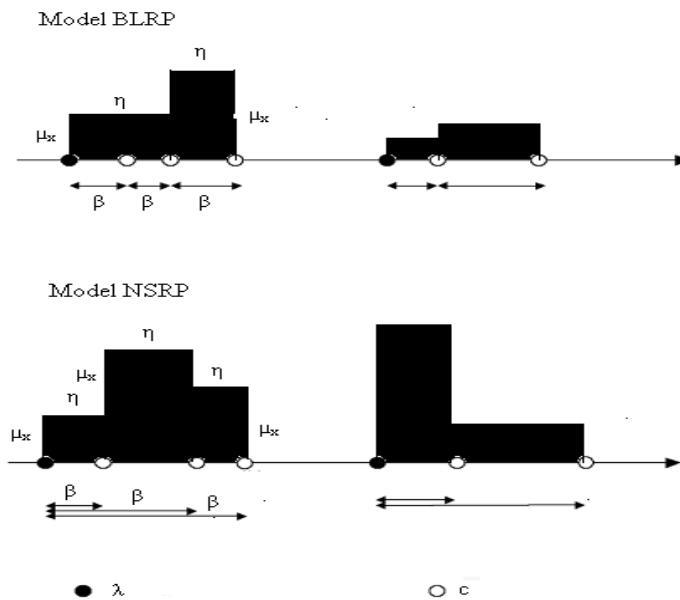
Model hujan Storm berdasarkan kelompok secara umumnya dapat dilakukan dengan menggunakan dua model hujan stokastik yaitu Neyman-Scott Rectangular Pulse (NSRP) dan Bartlett-Lewis Rectangular Pulse (BLRP). Dua model hujan ini sangat baik digunakan untuk mendapatkan informasi yang lengkap tentang tingkah laku hujan hujan yang terjadi, hal ini disebabkan data hujan yang digunakan adalah data hujan dalam skala yang kecil seperti dalam setiap jam. Rodriguez-Iturbe et al [7],[8] adalah seorang peneliti yang telah mempopulerkan dua model hujan stokastik di atas. Kedua model hujan stokastik ini telah digunakan untuk memodelkan hujan pada kota Denver, United Kingdom.



Tabel 1: fungsi densitas peluang, fungsi distribusi, dan fungsi kuantil untuk 4 distribusi peluang GEV, GP, GL, dan LN3

Distribution	Probability density function, $f(x)$	Cumulative distribution, $F(x)$	Quantile function, $Q(F)$
GEV	$f(x) = \alpha^{-1} \exp\{-(1 - \kappa)y - \exp(-y)\}$ <p>with</p> $y = \begin{cases} -\kappa^{-1} \log\{1 - \kappa(x - \xi)/\alpha\}, & \kappa \neq 0 \\ (x - \xi)/\alpha, & \kappa = 0 \end{cases}$ <p> $-\infty < x < \xi + \alpha/\kappa$ for $\kappa > 0$ $-\infty < x < \infty$ for $\kappa = 0$ $\xi + \alpha/\kappa \leq x < \infty$ for $\kappa < 0$. </p>	$F(x) = \begin{cases} \exp\left(-\left(1 - \frac{\kappa}{\alpha}(x - \xi)\right)^{\frac{1}{\kappa}}\right), & \text{if } \kappa \neq 0 \\ \exp\left(-\exp\left(-\frac{1}{\alpha}(x - \xi)\right)\right), & \text{if } \kappa = 0 \end{cases}$	$Q(F) = \xi + \frac{1}{\kappa} (1 - (-\ln(F))^\kappa)$
GP	$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left(1 - \frac{\kappa}{\alpha}(x - \varepsilon)\right)^{\frac{1-\kappa}{\kappa}}$ <p> $\varepsilon \leq x < \infty$ for $\kappa \leq 0$ $\varepsilon \leq x \leq \varepsilon + \alpha/\kappa$ for $\kappa > 0$ </p>	$F(x) = 1 - \left(1 - \frac{\kappa}{\alpha}(x - \varepsilon)\right)^{\frac{1}{\kappa}}$	$Q(F) = \varepsilon + \frac{\alpha}{\kappa} (1 - (1 - F)^\kappa)$
GL	$f(x) = \frac{\alpha^{-1} \exp\{-(1 - \kappa)y\}}{(1 + \exp(-y))^2}$ <p>with</p> $y = \begin{cases} -\kappa^{-1} \log\{1 - \kappa(x - \xi)/\alpha\}, & \kappa \neq 0 \\ (x - \xi)/\alpha, & \kappa = 0 \end{cases}$ <p> $-\infty < x < \xi + \alpha/\kappa$ for $\kappa > 0$ $-\infty < x < \infty$ for $\kappa = 0$ $\xi + \alpha/\kappa \leq x < \infty$ for $\kappa < 0$ </p>	$F(x) = \left(1 + \left(1 - \kappa \left(\frac{x - \varepsilon}{\alpha}\right)\right)^{\frac{1}{\kappa}}\right)^{-1}$	$Q(F) = \varepsilon + \frac{\alpha}{\kappa} \left(1 - \left(\frac{1 - F}{F}\right)^\kappa\right)$
LN3	$f(x) = \frac{1}{\alpha \Gamma(\kappa)} \left(\frac{x - \varepsilon}{\alpha}\right)^{\kappa-1} \exp\left(-\frac{x - \varepsilon}{\alpha}\right)$ <p>$\varepsilon < x < \infty$</p>	$F(x) = \frac{1}{\alpha \Gamma(\kappa)} \int_0^x \left(\frac{t - \varepsilon}{\alpha}\right)^{\kappa-1} \exp\left(-\frac{t - \varepsilon}{\alpha}\right) dt$	$Q(F) = \varepsilon + \frac{\alpha}{\kappa} + \frac{\alpha}{\kappa} Q_0(F, \kappa)$ $Q_0(F, \kappa) = \frac{1}{\sqrt{\kappa}} \left(\left(1 + \frac{\Phi^{-1}(F)}{3\sqrt{\kappa}}\right)^3 - 1 \right)$

Dua model hujan stokastik ini pada dasarnya adalah sama, dimana proses hujan dihitung dalam setiap kelompok atau kluster yang setiap kelompoknya disebut storm. Hujan bermula atau yang dikenal sebagai bermulanya setiap storm terjadi menurut proses Poisson dimana rata-rata waktu bermulanya setiap storm (λ) terdistribusi secara eksponen. Dalam setiap storm terdapat jumlah sel hujan c yang terjadi secara acak, dimana jumlah sel hujan ini terdistribusi secara Geometri atau Poisson dengan rata-rata (μ_c). Kelebetan dan lamanya hujan yang terjadi untuk setiap sel dalam setiap storm terdistribusi secara eksponen dengan rata-rata (μ_x) dan ($1/\eta$). Perbedaan kedua model ini terletak pada waktu bermulanya sel hujan (β) dalam setiap storm. Nilai β pada setiap sel hujan dalam storm untuk model NSRP dihitung dari λ , sedangkan dalam model BLRP nilai β dihitung untuk setiap interval yang terjadi antara setiap sel hujan dalam storm. Gambaran kedua model hujan ini dapat dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema model hujan storm BLRP dan NSRP

Pada penelitian ini model NSRP akan digunakan untuk menguraikan tingkah laku hujan yang diwakilkan oleh 5 parameter model NSRP. Cowpertwait *et. al* [9] telah memberikan gambaran yang jelas bagaimana cara yang terbaik bagi mengestimasi 5 tingkah laku hujan tersebut dengan memberikan beberapa persamaan matematis berikut

$$E(Y_i^{(\tau)}) = \frac{\lambda}{\eta} E(C)E(X)\tau \tag{1}$$

$$Var(Y_i^{(\tau)}) = \Omega_1(\lambda, E(C), E(X)) \Psi_1(\eta, \tau) + \Omega_2(\lambda, E(C), E(X)) \Psi_2(\beta, \eta, \tau) \tag{2}$$

$$\tag{3}$$

Prosiding Seminar Nasional dan Kongres IndoMS Wilayah Sumatera Bagian Tengah
 FMIPA Universitas Riau, 14-15 Nopember 2014

$$\text{Cov}(Y_i^{(\tau)}, Y_{i+k}^{(\tau)}) = \Omega_1(\lambda, E(C), E(X)) \Psi_3(\beta, \eta, \tau) + \Omega_2(\lambda, E(C), E(X)) \Psi_4(\beta, \eta, \tau) \\ 1 - \Pr\{Y_i^{(\tau)} = 0\} \tag{4}$$

dengan

$$\Pr\{Y_i^{(\tau)} = 0\} = \exp \left(-\lambda\tau + \lambda\beta^{-1}(E(C)-1)^{-1} \omega - \lambda \int_0^\infty [1 - p(t, \tau)] dt \right)$$

$$p(t, \tau) = \left(\exp[-\beta(t + \tau)] + 1 - \mathcal{G} \right) \times \exp \left(-(E(C)-1)\beta v / v \right. \\ \left. + (E(C)-1)\exp[-\beta(t + \tau)] \right)$$

$$\Omega_1(\lambda, E(C), E(X)) = 2\lambda E(C)E(X^2)$$

$$\Omega_2(\lambda, E(C), E(X)) = \lambda E(C^2 - C)E^2(X)$$

$$\Psi_1(\eta, \tau) = \frac{1}{\eta^3} (\eta\tau - 1 + \exp(-\eta\tau))$$

$$\Psi_2(\beta, \eta, \tau) = \Psi_1(\eta, \tau) \frac{\beta^2}{\beta^2 - \eta^2} - \frac{\beta\tau - 1 + \exp(-\beta\tau)}{\beta(\beta^2 - \eta^2)}$$

$$\Psi_3(\beta, \eta, \tau) = \frac{1}{2\eta^3} (1 - \exp(-\eta\tau))^2 \exp(-\eta(k-1)\tau)$$

$$\Psi_4(\beta, \eta, \tau) = \Psi_3(\beta, \eta, \tau) \frac{\beta^2}{\beta^2 - \eta^2} - \frac{(1 - \exp(-\beta\tau))^2 \exp(-\beta(k-1)\tau)}{2\beta(\beta^2 - \eta^2)}$$

k = auto korelasi

τ = skala hujan

$$\omega = 1 - \exp[1 - E(C) + (E(C)-1)\exp(-\beta\tau)]$$

$$\mathcal{G} = [\eta \exp(-\beta t) - \beta \exp(-\eta t)] / [\eta - \beta]$$

$$v = [\exp(-\beta t) - \exp(-\eta t)]$$

$$\nu = [\eta - \beta] - (E(C)-1)\exp(-\beta t)$$

4 Metodologi

Data hujan skala singkat setiap jam pada penelitian ini diperoleh dari 40 stasiun hujan yang terletak di Semenanjung Malaysia. Lokasi dan informasi singkat mengenai data hujan ini ditampilkan pada Gambar 3 dan Tabel 1.





Gambar 3 Lokasi 40 stasiun hujan di Semenanjung Malaysia

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa lokasi stasiun hujan tersebar secara merata pada seluruh Semenanjung Malaysia. Tingkah laku hujan yang dihasilkan melalui model hujan storm pada semua stasiun hujan tersebut akan sangat bermanfaat dalam memetakan tingkah laku hujan tersebut untuk seluruh wilayah di Semenanjung Malaysia. Teknik spatial dengan menggunakan metoda Kriging akan digunakan dalam menghasilkan pemetaan tingkah laku hujan di seluruh Semenanjung Malaysia. Untuk tujuan pemetaan ini, Software SUFER 8 digunakan dalam menghasilkan nilai-nilai tingkah laku hujan untuk semua wilayah di Semenanjung Malaysia. Software SUFER 8 merupakan salah satu Software yang sering digunakan dalam memetakan suatu nilai tertentu terhadap suatu wilayah dengan menggunakan teknik spatial.

Tabel2: Informasi singkat tentang lokasi 40 stasiun hujan

Stasiun Hujan	Negeri	Longitude	Latitude	Panjang Data
Alor Setar	KEDAH	100.39	6.11	1970-2008
Ampang	SELANGOR	102	3.2	1970-2008
Batu Hampar	TRENGGANU	102.82	5.45	1978-2008
Bertam	KELANTAN	102.05	5.15	1970-2008

Prosiding Seminar Nasional dan Kongres IndoMS Wilayah Sumatera Bagian Tengah FMIPA Universitas Riau, 14-15 Nopember 2014

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
 a. Pengutipan untuk tujuan pendidikan atau penelitian
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.



Besut	TRENGGANU	102.62	5.64	1984-2008
Bukit Bendera	PULAU PINANG	100.27	5.42	1975-2008
Sungai Chanis	PAHANG	102.94	2.81	1980-2008
Chin Chin	MELAKA	102.49	2.29	1970-2008
Dabong	KELANTAN	102.02	5.38	1971-2008
Dungun	TRENGGANU	103.42	4.76	1970-2008
Endau	JOHOR	103.62	2.65	1970-2008
Genting klang	WIL PERSEKUTUAN	101.75	3.24	1972-2008
Gombak	WIL PERSEKUTUAN	101.73	3.27	1972-2008
Gua Musang	KELANTAN	101.97	4.88	1971-2008
Jeniang	KEDAH	100.63	5.81	1970-2008
Johor Bahru	JOHOR	103.75	1.47	1970-2008
Kp Kalong Tengah	SELANGOR	101.67	3.44	1978-2008
Kampar	PERAK	101.00	5.71	1974-2007
Kemaman	TRENGGANU	103.42	4.23	1970-2008
Sungai Kepasing	PAHANG	102.83	3.02	1976-2008
Kampung Sawah Lebar	N.SEMBILAN	102.26	2.76	1970-2008
Mersing	JOHOR	103.74	2.26	1970-2008
Kota Tinggi	JOHOR	103.72	1.76	1974-2008
Kuala Nerang	KEDAH	100.61	6.25	1970-2000
Kampung Kuala Sleh	WIL PERSEKUTUAN	101.77	3.26	1979-2008
Labis	JOHOR	103.02	2.38	1970-2008
Paya Kangsar	PAHANG	102.43	3.90	1970-2008
Petaling	N.SEMBILAN	102.07	2.94	1970-2008
Semenyih	SELANGOR	101.87	2.90	1970-2008
Seremban	N.SEMBILAN	101.96	2.74	1970-2008
Sungai Bernam	SELANGOR	101.35	3.70	1970-2008
Sungai Batu	WIL PERSEKUTUAN	101.70	3.33	1985-2008
Sungai Mangg	SELANGOR	101.54	2.83	1970-2008
Sungai Pinang	PULAU PINANG	100.21	5.39	1970-2008
Kampung Sungai Tong	TRENGGANU	102.89	5.36	1971-2008
Sitiawan	PERAK	100.70	4.22	1970-2007
Sungai Simpang Ampat	PULAU PINANG	100.48	5.29	1988-2008
Telok Intan	PERAK	101.04	4.02	1970-2007
Tanjung Malim	PERAK	101.52	3.68	1971-2007
Ulu Tekai	PAHANG	102.73	4.23	1973-2008

5 Uji Kebaikan Model Hujan Storm

Uji kebaikan model yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 2 teknik pengujian. Pengujian pada model hujan storm yang berdasarkan peristiwa dilakukan dengan mengambil nilai terkecil pada nilai Rata-rata kesalahan kuadrat (*Mean Square Error*) terkecil pada 4 distribusi peluang yang digunakan pada model tersebut. Ujian ini secara teori bergantung

Prosiding Seminar Nasional dan Kongres IndoMS Wilayah Sumatera Bagian Tengah
FMIPA Universitas Riau, 14-15 Nopember 2014



kepada nilai fungsi kuantil yang diberikan $Q(F)$. Rumus ujian ini adalah

$$MSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_{i:n} - \hat{Q}(F_i)}{x_{i:n}} \right)^2}$$

dengan

$$F_i = \frac{i-0.44}{n+0.12}, \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

i merupakan urutan sampel acak dan $\hat{Q}(F_i)$ estimasi nilai kuantil pada urutan i .

Ujian membandingkan kesamaan peta untuk nilai statistik rata-rata hujan setiap jam dan peluang hujan setiap jam yang dihasilkan dengan menggunakan model hujan storm berdasarkan kelompok terhadap peta untuk nilai statistik yang sama yang dihasilkan dari observasi, merupakan cara yang baik untuk melihat keberhasilan model hujan storm yang dilakukan pada suatu wilayah Semenanjung Malaysia. Kesamaan atau kemiripan terhadap dua peta yang dihasilkan, merupakan suatu indikasi yang jelas bahwa pemodelan hujan storm berdasarkan kelompok telah berhasil dilakukan.

6 Hasil Penelitian

Nilai nilai tingkah laku hujan MSA dan MSD akan diekstrak pada 40 stasiun hujan yang digunakan pada penelitian ini dengan menggunakan definisi storm seperti yang digambarkan pada Gambar 1 untuk setiap tahun. Nilai kedua tingkah laku hujan ini akan digunakan dalam mengestimasi parameter empat distribusi peluang (GEV, GL, GP, dan LN3). Teknik L -Momen seperti yang dikembangkan oleh Hosking [7] akan digunakan dalam penelitian ini terutama untuk mengestimasi parameter distribusi peluang tersebut.

Uji kebaikan akan dilakukan untuk dapat menghasilkan distribusi peluang yang terbaik pada 40 stasiun hujan. Tabel 2 dan Tabel 3 secara berturut-turut adalah nilai MSE untuk tingkah laku hujan MSA dan MSD akan ditampilkan untuk memilih distribusi peluang yang terbaik pada stasiun hujan tersebut.

Tabel 2: Nilai MSE untuk tingkah laku hujan MSA

No.	Stesen	GEV	GP	GL	LN3
1	Alor Setar	0.095	0.145	0.080	0.105
2	Ampang	0.019	0.035	0.028	0.020
3	Batu Hampar	0.089	0.161	0.090	0.096
4	Bertam	0.065	0.142	0.059	0.072
5	Besut	0.141	0.101	0.198	0.136



6	Bukit Bendera	0.087	0.136	0.081	0.095
7	Sungai Chanis	0.123	0.077	0.148	0.116
8	Chin Chin	0.057	0.078	0.054	0.066
9	Dabong	0.077	0.126	0.074	0.103
10	Dungun	0.093	0.113	0.096	0.093
11	Endau	0.094	0.141	0.163	0.084
12	Genting Klang	0.045	0.071	0.041	0.049
13	Gombak	0.053	0.087	0.041	0.053
14	Gua Musang	0.061	0.064	0.065	0.060
15	Jeniang	0.042	0.054	0.051	0.041
16	Johor Bahru	0.046	0.072	0.048	0.052
17	Kp Kalong Tengah	0.029	0.030	0.034	0.027
18	Kampar	0.042	0.035	0.053	0.042
19	Kemaman	0.120	0.332	0.102	0.169
20	Sungai Kepasing	0.282	0.434	0.227	0.303
21	Kampung Sawah Lebar	0.048	0.040	0.057	0.039
22	Mersing	0.073	0.165	0.066	0.092
23	Kota Tinggi	0.090	0.048	0.115	0.088
24	Kuala Nerang	0.050	0.081	0.052	0.050
25	Kampung Kuala Sleh	0.082	0.124	0.065	0.083
26	Labis	0.072	0.064	0.089	0.057
27	Paya Kangsar	0.074	0.100	0.068	0.080
28	Petaling	0.090	0.112	0.086	0.108
29	Semenyih	0.129	0.163	0.118	0.140
30	Seremban	0.050	0.077	0.047	0.052
31	Sungai Bernam	0.041	0.032	0.053	0.039
32	Sungai Batu	0.031	0.039	0.034	0.031
33	Sungai Mangg	0.055	0.079	0.049	0.061
34	Sungai Pinang	0.033	0.067	0.035	0.036
35	Kampung Sungai Tong	0.129	0.226	0.127	0.140
36	Sitiawan	0.061	0.095	0.060	0.060
37	Sungai Simpang Ampat	0.102	0.120	0.102	0.110
38	Telok Intan	0.033	0.046	0.039	0.032
39	Tanjung Malim	0.043	0.064	0.053	0.042
40	Ulu Tekai	0.110	0.341	0.155	0.125

Tabel 3: Nilai MSE untuk tingkah laku hujan MSD

No.	Stesen	GEV	GP	GL	LN3
1	Alor Setar	0.05	0.07	0.06	0.05
2	Ampang	0.09	0.07	0.10	0.06
3	Batu Hampar	0.11	0.14	0.11	0.13
4	Bertam	0.06	0.08	0.07	0.06
5	Besut	0.11	0.15	0.10	0.13

Prosiding Seminar Nasional dan Kongres IndoMS Wilayah Sumatera Bagian Tengah
FMIPA Universitas Riau, 14-15 Nopember 2014



6	Bukit Bendera	0.05	0.09	0.05	0.05
7	Sungai Chanis	0.03	0.06	0.03	0.03
8	Chin Chin	0.06	0.06	0.06	0.06
9	Dabong	0.05	0.07	0.06	0.06
10	Dungun	0.09	0.19	0.06	0.09
11	Endau	0.08	0.16	0.06	0.10
12	Genting Klang	0.14	0.11	0.15	0.10
13	Gombak	0.12	0.12	0.12	0.11
14	Gua Musang	0.07	0.07	0.08	0.07
15	Jeniang	0.08	0.09	0.09	0.08
16	Johor Bahru	0.07	0.13	0.06	0.09
17	Kampung Kalong Tengah	0.11	0.09	0.11	0.09
18	Kampar	0.15	0.13	0.15	0.10
19	Kemaman	0.11	0.22	0.09	0.14
20	Sungai Kepasing	0.10	0.13	0.16	1.47
21	Kampung Sawah Lebar	0.16	0.09	0.17	0.12
22	Mersing	0.07	0.10	0.07	0.08
23	Kota Tinggi	0.10	0.12	0.11	0.11
24	Kuala Nerang	0.10	0.06	0.12	0.09
25	Kampung Kuala Sleh	0.10	0.13	0.10	0.12
26	Labis	0.08	0.11	0.08	0.10
27	Paya Kangsar	0.12	0.14	0.11	0.15
28	Petaling	0.10	0.10	0.10	0.09
29	Semenyih	0.09	0.09	0.10	0.09
30	Seremban	0.18	0.12	0.20	0.14
31	Sungai Bernam	0.16	0.13	0.17	0.13
32	Sungai Batu	0.14	0.15	0.14	0.15
33	Sungai Mangg	0.08	0.08	0.08	0.07
34	Sungai Pinang	0.04	0.05	0.04	0.04
35	Kampung Sungai Tong	0.06	0.13	0.04	0.06
36	Sitiawan	0.09	0.07	0.11	0.09
37	Sungai Simpang Ampat	0.08	0.07	0.09	0.07
38	Telok Intan	0.13	0.13	0.13	0.12
39	Tanjung Malim	0.25	0.24	0.25	0.23
40	Ulu Tekai	0.07	0.12	0.08	0.07

Dari kedua Tabel 2 dan Tabel 3 dapat dilihat bahwa tingkah laku hujan MSA dan MSD bervariasi pada beberapa wilayah di Semenanjung Malaysia, hal ini tentu saja secara tak langsung dapat diartikan bahwa suatu kawasan memiliki tingkah laku hujan yang berbeda. Seterusnya model-model hujan yang tepat untuk setiap stasiun hujan, akan digunakan untuk meramal tingkah laku MSA dan MSD pada waktu 50 dan 100 tahun yang akan datang (*return period*). Tabel 4 dan 5 secara berturut-turut menampilkan nilai parameter distribusi terbaik untuk setiap



stasiun hujan. Parameter ini akan digunakan untuk mendapatkan nilai return period 50 dan 100 tahun tingkah laku MSA dan MSD

Dari kedua tabel tersebut dapat dilihat bahwa stasiun hujan yang memiliki return period 50 dan 100 tahun yang sangat tinggi untuk tingkah laku MSA dan MSD merupakan daerah yang sangat berpotensi mengalami dampak yang sangat parah bila terjadi banjir, seperti pada daerah stasiun hujan Kemaman. Seterusnya untuk stasiun hujan Siti Awan dapat disimpulkan bahwa kawasan tersebut pada waktu 50 dan 100 tahun yang akan datang akan dilalui oleh hujan yang singkat dan tidak lebat. Tingkah laku yang berbeda juga dapat dilihat pada stasiun hujan Chanis, pada daerah tersebut diketahui pada waktu 50 dan 100 tahun yang akan datang akan dilalui oleh tingkah laku hujan yang lebat dengan durasi singkat.

Nilai return period 50 dan 100 tahun untuk tingkah laku MSA dan MSD seperti yang ditampilkan pada tabel 4 dan 5 akan digunakan untuk memetakan tingkah laku hujan storm ini diseluruh kawasan Semenanjung Malaysia dengan menggunakan teknik spasial. Teknik spasial yang bergantung pada pada metoda Kriging akan digunakan dalam menghasilkan peta tingkah laku MSA dan MSD. Software SUFER 8 akan digunakan untuk tujuan pemetaan ini. Gambar 4 dan 5 secara berturut-turut adalah peta tingkah laku hujan MSA dan MSD untuk return period 50 dan 100 tahun. Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa bagian timur Semenanjung Malaysia akan dilalui oleh tingkah laku MSA yang sangat tinggi untuk return period 50 dan 100 tahun, sedangkan sebagian besar wilayah Barat dan Barat Laut akan dilalui tingkah laku MSA yang tidak terlalu tinggi. Pada Gambar 5 juga dapat diketahui, daerah di Semenanjung Malaysia dilalui oleh tingkah laku MSD yang bervariasi, beberapa daerah di sebelah Timur Semenanjung Malaysia telah dilalui tingkah laku MSD yang sangat tinggi. Hal ini juga dapat diartikan kawasan tersebut akan dilalui oleh hujan dengan durasi yang tinggi pada return period 50 dan 100 tahun. Beberapa daerah di sebelah Barat Daya dan Barat Laut Semenanjung Malaysia juga dilalui oleh hujan dengan durasi yang singkat pada waktu 50 dan 100 tahun yang akan datang, hal ini dapat diketahui dari rendahnya nilai tingkah laku MSD pada daerah tersebut pada return period 50 dan 100 tahun.

Tabel 4: Nilai parameter model terbaik dan return period (rp)50 dan 100 tahun yang akan datang untuk tingkah laku MSA

No.	Stesen	Tab	ξ	α	κ	rp50	rp100
1	Alor Setar	GL	113.79	23.76	-0.26	273.78	324.22
2	Ampang	GEV	94.54	18.90	0.23	143.22	148.19
3	Batu Hampar	GEV	300.34	171.42	-0.14	1190.26	1407.37
4	Bertam	GL	115.81	30.78	-0.21	301.13	353.95

Prosiding Seminar Nasional dan Kongres IndoMS Wilayah Sumatera Bagian Tengah
FMIPA Universitas Riau, 14-15 Nopember 2014



5	Besut	GP	80.24	469.52	0.49	897.53	938.11
6	Bukit Bendera	GL	156.60	39.86	-0.27	431.18	519.47
7	Sungai Chanis	GP	548.65	1346.35	0.28	3749.03	4032.70
8	Chin Chin	GL	82.47	15.02	-0.39	219.66	275.11
9	Dabong	GL	175.40	56.11	-0.44	754.64	1010.97
10	Dungun	GEV	211.43	102.16	-0.18	789.48	942.89
11	Endau	LN3	3395.94	1962.92	-0.35	9295.88	10447.97
12	Genting klang	GL	975.09	184.55	-0.26	2217.79	2609.54
13	Gombak	GL	962.48	124.91	-0.10	1556.77	1691.08
14	Gua Musang	LN3	112.23	40.25	-0.75	308.97	365.78
15	Jeniang	LN3	117.00	41.98	-0.44	257.12	287.13
16	Johor Bahru	GEV	1103.71	447.18	-0.27	4197.10	5182.44
17	Kp Kl Tengah	LN3	103.41	27.66	-0.66	224.05	256.09
18	Kampar	GP	76.41	64.87	0.52	184.85	189.78
19	Kemaman	GL	2998.47	1137.00	-0.30	11389.89	14251.31
20	Sungai Kepasing	GL	1170.49	304.57	-0.22	3045.26	3590.64
21	Kg Sawah Lebar	LN3	792.04	349.78	-0.80	2615.55	3166.46
22	Mersing	GL	2316.00	780.32	-0.30	8075.01	10038.79
23	Kota Tinggi	GP	629.73	1248.31	0.46	2894.66	3017.19
24	Kuala Nerang	GEV	93.89	33.58	0.01	222.39	244.86
25	Kp Kuala Sleh	GL	898.04	134.91	-0.13	1581.45	1746.24
26	Labis	LN3	1185.09	734.23	-0.76	4820.36	5879.59
27	Paya Kangsar	GL	94.67	19.11	-0.30	235.71	283.80
28	Petaling	GL	757.25	150.41	-0.48	2473.12	3287.97
29	Semenyih	GL	86.85	14.32	-0.31	195.02	232.62
30	Seremban	GL	98.64	18.30	-0.21	208.82	240.22
31	Sungai Bernam	GP	67.38	59.73	0.32	200.66	211.28
32	Sungai Batu	GEV	865.13	191.70	-0.26	2161.31	2566.09
33	Sungai Mangg	GL	829.91	135.30	-0.30	1828.47	2168.97
34	Sungai Pinang	GEV	137.01	49.69	-0.13	389.56	449.87
35	Kp Sungai Tong	GL	321.84	113.03	-0.27	1100.46	1350.82
36	Sitiawan	GL	87.61	16.23	-0.10	164.83	182.28
37	Sg Sp Ampat	GEV	96.60	33.96	-0.38	400.90	520.51
38	Telok Intan	LN3	91.54	29.02	-0.47	191.90	214.06
39	Tanjung Malim	LN3	106.40	36.05	-0.24	202.09	218.72
40	Ulu Tekai	GEV	134.92	86.49	-0.08	531.01	615.87

Tabel 5: Nilai parameter model terbaik dan *return period* (rp)50 dan 100 tahun yang akan datang untuk tingkah laku MSD

No.	Stesen	Tab	ξ	α	κ	nu50	nu100
1	Alor Setar	GEV	39.13	17.45	-0.21	144.59	174.37
2	Ampang	LN3	29.92	17.96	-1.15	180.01	241.02
3	Batu Hampar	GL	109.24	36.19	-0.44	482.84	648.17
4	Bertam	LN3	43.30	21.70	-0.61	132.24	154.76

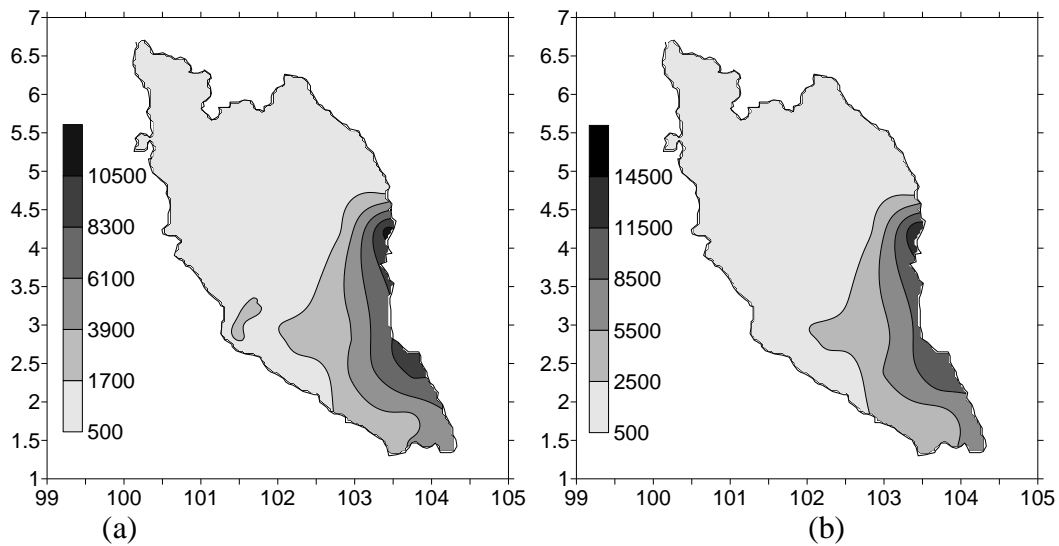
Prosiding Seminar Nasional dan Kongres IndoMS Wilayah Sumatera Bagian Tengah
FMIPA Universitas Riau, 14-15 Nopember 2014



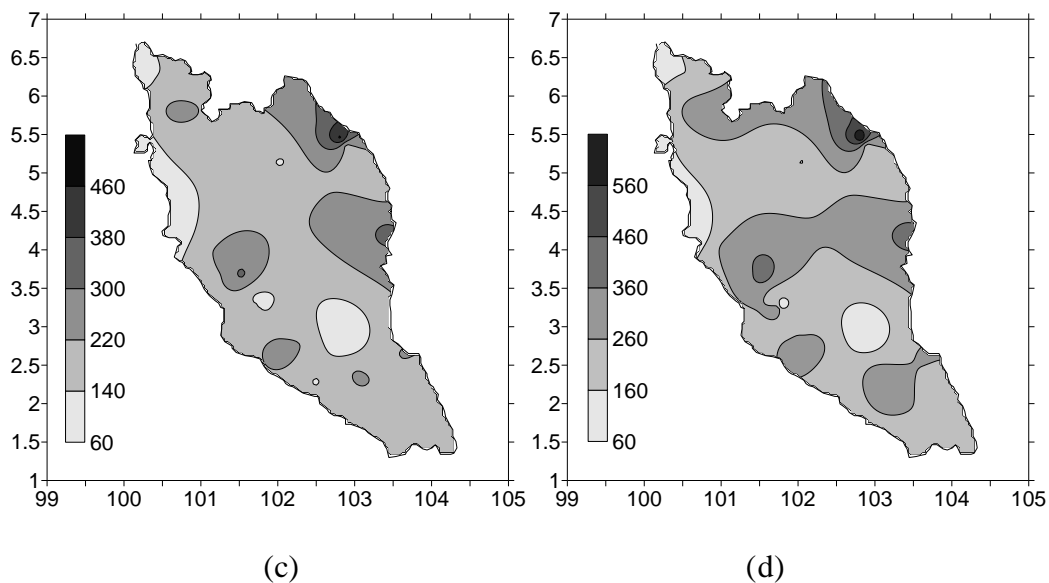
5	Besut	GL	88.02	24.48	-0.41	322.76	421.17
6	Bukit Bendera	GEV	37.96	15.63	-0.10	112.56	129.25
7	Sungai Chanis	GEV	42.94	11.14	0.09	79.60	84.90
8	Chin Chin	LN3	30.34	14.36	-1.04	133.41	171.72
9	Dabong	GEV	53.29	21.97	-0.37	245.46	319.61
10	Dungun	GL	74.17	19.22	-0.18	182.53	211.56
11	Endau	GL	80.56	21.92	-0.25	224.86	269.45
12	Genting klang	LN3	30.26	19.29	-1.24	213.27	293.13
13	Gombak	LN3	23.58	6.49	-1.81	167.55	261.68
14	Gua Musang	LN3	56.11	26.75	-0.64	169.90	199.56
15	Jeniang	LN3	46.65	27.16	-1.06	247.01	322.72
16	Johor Bahru	GL	52.87	14.45	-0.34	169.98	213.09
17	Kp Kl Tengah	LN3	28.79	11.20	-1.36	155.05	215.41
18	Kampar	LN3	31.89	17.86	-1.30	216.51	300.87
19	Kemaman	GL	94.43	31.29	-0.30	325.36	404.11
20	Sungai Kepasing	GEV	38.18	18.32	0.30	80.30	83.88
21	Kp Sawah Lebar	GP	13.15	32.48	-0.25	228.71	294.07
22	Mersing	GL	65.33	15.13	-0.34	187.95	233.09
23	Kota Tinggi	GEV	42.80	18.05	-0.36	196.94	255.32
24	Kuala Nerang	GP	26.44	39.05	0.12	148.36	164.60
25	Kp Kuala Sleh	GL	27.83	5.28	-0.42	79.72	101.87
26	Labis	GL	48.37	15.84	-0.49	233.69	323.24
27	Paya Kangsar	GL	35.77	8.86	-0.58	166.48	240.01
28	Petaling	LN3	34.63	22.23	-0.99	183.70	236.83
29	Semenyih	LN3	27.21	14.02	-1.24	160.22	218.26
30	Seremban	GP	14.10	41.43	-0.23	276.92	353.47
31	Sungai Bernam	GP	16.43	27.70	-0.32	232.56	307.73
32	Sungai Batu	GEV	24.82	6.42	-0.61	128.03	188.43
33	Sungai Mangg	LN3	29.99	17.64	-1.01	151.53	195.59
34	Sungai Pinang	GEV	40.03	12.22	-0.21	113.88	134.73
35	Kp Sg Tong	GEV	79.29	32.40	0.03	198.59	218.51
36	Sitiawan	GP	16.43	26.25	0.33	74.10	78.57
37	Sg SpAmpat	LN3	30.03	12.76	-1.14	135.18	177.59
38	Telok Intan	LN3	29.38	15.82	-1.36	207.72	292.98
39	Tanjung Malim	LN3	39.47	27.92	-1.29	323.96	452.98
40	Ulu Tekai	GEV	70.90	36.10	-0.17	270.78	322.73

Prosiding Seminar Nasional dan Kongres IndoMS Wilayah Sumatera Bagian Tengah
FMIPA Universitas Riau, 14-15 Nopember 2014





Gambar 4: Peta tingkah laku MSA di Semenanjung Malaysia untuk return period 50 tahun (a) dan 100 tahun (b).



Gambar 5: Peta tingkah laku MSD di Semenanjung Malaysia untuk return period 50 tahun (c) dan 100 tahun (d).

Informasi yang lebih lengkap akan diuraikan dengan model hujan storm berdasarkan kelompok. Informasi tingkah laku hujan seperti waktu kedatangan storm, frekuensi storm yang terjadi, jumlah sel hujan yang dimiliki oleh setiap storm, kelembatan hujan dalam setiap sel dan durasi setiap sel hujan akan diuraikan dengan menggunakan model hujan NSRP. Lima parameter model hujan storm akan dihasilkan melalui persamaan 1 hingga 4 [4]. Pada penelitian ini, data hujan skala singkat untuk 8 stasiun hujan turut ditambahkan. Hal ini dilakukan untuk

memberikan keseimbangan jumlah stasiun hujan pada empat wilayah (Barat, Timur, Barat Daya, dan Barat Laut) Semenanjung Malaysia. Informasi singkat untuk 48 stasiun hujan yang digunakan pada penelitian ini turut ditampilkan pada Tabel 6.

Tingkah laku hujan yang diwakilkan oleh parameter model NSRP untuk bulan September hingga Desember turut ditampilkan pada tabel 7. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa tingkah laku jumlah sel hujan yang dibawa oleh setiap storm meningkat secara signifikan pada bulan Desember. Hal ini tentu saja dapat diartikan bahwa bulan Desember mengandung hujan dengan kelembatan tinggi. Tingkah laku durasi hujan pada setiap sel hujan hampir sama untuk bulan September hingga Desember. Peta tingkah laku ini untuk seluruh daerah di Semenanjung Malaysia pada bulan Oktober hingga Desember turut dihasilkan seperti pada Gambar 6. Pada Gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa daerah yang berwarna paling gelap adalah daerah yang dilewati tingkah laku hujan yang tinggi. Sebagian kecil daerah di Sebelah Barat dan Timur Semenanjung Malaysia adalah daerah dengan tingkat frekuensi terjadinya storm atau nilai parameter λ . Dari gambar tersebut juga dapat dilihat sebagian besar daerah bagian timur Semenanjung Malaysia dilewati oleh hujan storm dengan kelembatan atau nilai parameter $E(X)$ yang lebih rendah daripada daerah lainnya. Seterusnya dari gambar juga dapat disimpulkan bahwa tingkah laku durasi hujan storm atau nilai parameter η di sebagian kecil daerah disebelah barat Semenanjung Malaysia adalah yang paling tinggi bila dibandingkan dengan daerah lainnya. Dari beberapa tingkah laku hujan yang diteliti pada seluruh daerah yang berada di Semenanjung Malaysia dapat diperoleh kesimpulan bahwa sebagian besar daerah di sebelah barat dan sebagian kecil daerah di sebelah timur Semenanjung Malaysia (Negeri Trengganu dan Klantan) adalah daerah yang rawan terjadinya banjir.

Uji ketepatan model hujan storm NSRP ini sangat penting untuk dilakukan. Ketepatan model yang dilakukan untuk seluruh daerah di Semenanjung Malaysia dapat dilakukan dengan membandingkan peta beberapa statistik hujan (rata-rata hujan 1 jam, rata-rata hujan 24 jam, peluang hujan 1 jam dan peluang hujan 24 jam) observasi dan Estimasi. Statistik di atas akan diestimasi dengan menggunakan model NSRP dengan menggunakan persamaan 1 hingga 4. Gambar 7 dan Gambar 8 telah ditampilkan untuk peta statistik observasi dan statistik estimasi pada bulan Juli hingga Desember. Dari kesamaan atau kemiripan peta yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa model hujan storm berdasarkan kelompok yang menggunakan model hujan NSRP telah berhasil dilakukan untuk seluruh daerah di Semenanjung Malaysia.

Tabel 6 Informasi singkat tentang 48 stasiun hujan.

Stesen	Kode	Negeri	Longitude	Latitude	Panjang Data
Kota Tinggi	S1	JOHOR	103.72	1.76	1974-2008
Batu Pahat	S2	JOHOR	102.93	1.84	1979-2008
Endau	S3	JOHOR	103.62	2.65	1970-2008
Labis	S4	JOHOR	103.02	2.38	1970-2008
Batu Hampar	S5	TRENGGANU	102.82	5.45	1978-2008

Prosiding Seminar Nasional dan Kongres IndoMS Wilayah Sumatera Bagian Tengah
FMIPA Universitas Riau, 14-15 Nopember 2014



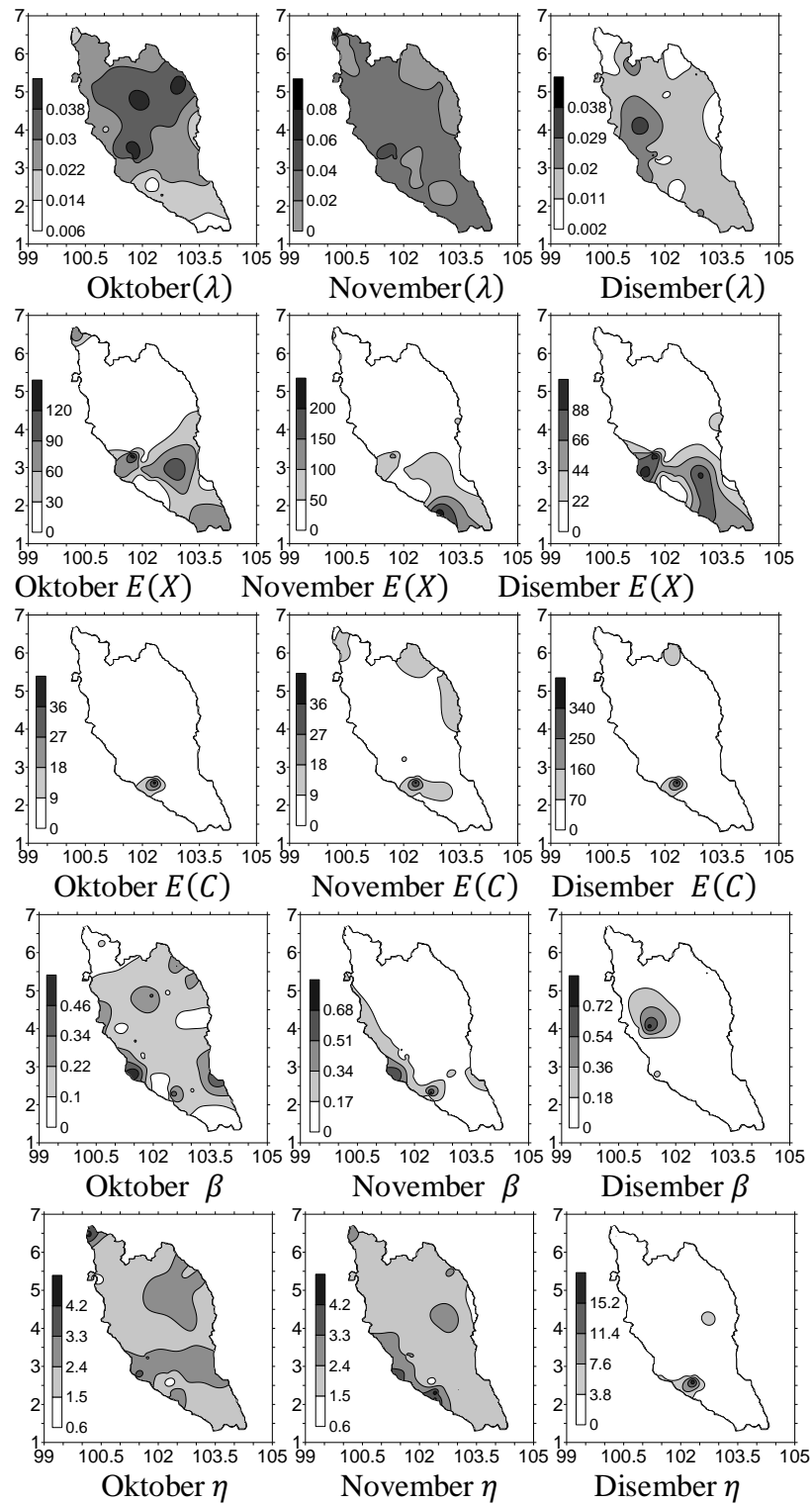
Bertam	S6	KELANTAN	102.05	5.15	1970-2008
Besut	S7	TRENGGANU	102.62	5.64	1984-2008
Sg Chanis	S8	PAHANG	102.94	2.81	1980-2008
Dabong	S9	KELANTAN	102.02	5.38	1971-2008
Dungun	S10	TRENGGANU	103.42	4.76	1970-2008
Gua Musang	S11	KELANTAN	101.97	4.88	1971-2008
Kemaman	S12	TRENGGANU	103.42	4.23	1970-2008
Sg Kepasing	S13	PAHANG	102.83	3.02	1976-2008
Kg Aring	S14	KELANTAN	102.35	4.94	1974-2008
Kg Dura	S15	TRENGGANU	102.94	5.07	1971-2008
Machang	S16	KELANTAN	102.22	5.79	1970-2008
Paya Kangsar	S17	PAHANG	102.43	3.90	1970-2008
Kg Sg Tong	S18	TRENGGANU	102.89	5.36	1971-2008
Ulu Tekai	S19	PAHANG	102.73	4.23	1973-2008
Pekan	S20	PAHANG	103.36	3.56	1970-2008
Ampang	S21	SELANGOR	102.00	3.20	1970-2008
Bkt Bendera	S22	PULAU PINANG	100.27	5.42	1975-2008
Chin Chin	S24	MELAKA	102.49	2.29	1970-2008
Genting Klang	S25	W. PERSEKUTUAN	101.75	3.24	1972-2008
Jasin	S26	MELAKA	102.43	2.31	1994-2008
Kg Kalong Tengah	S28	SELANGOR	101.67	3.44	1978-2008
Kampar	S29	PERAK	101.00	5.71	1974-2007
Kg Sawah Lebar	S30	N.SEMBILAN	102.26	2.76	1970-2008
Ladang Bikam	S31	PERAK	101.30	4.05	1970-2007
Kg Kuala Sleh	S32	W. PERSEKUTUAN	101.77	3.26	1979-2008
Petaling	S33	N.SEMBILAN	102.07	2.94	1970-2008
Rompin	S34	N.SEMBILAN	102.51	2.72	1970-2008
Seremban	S35	N.SEMBILAN	101.96	2.74	1970-2008
Sg Batu	S36	W. PERSEKUTUAN	101.70	3.33	1985-2008
Sg Bernam	S37	SELANGOR	101.35	3.70	1970-2008
Sg Mangg	S38	SELANGOR	101.54	2.83	1970-2008
Sg Pinang	S39	PULAU PINANG	100.21	5.39	1970-2008
Merlimau	S40	MELAKA	102.43	2.15	1994-2008
Sitiawan	S41	PERAK	100.70	4.22	1970-2007
Sg Sp Ampat	S42	PULAU PINANG	100.48	5.29	1988-2008
Telok Intan	S43	PERAK	101.04	4.02	1970-2007
Tanjung Malim	S44	PERAK	101.52	3.68	1971-2007
Alor Setar	S45	KEDAH	100.39	6.11	1970-2008
Arau	S46	PERLIS	100.27	6.43	2001-2008
Baling	S47	KEDAH	100.74	5.58	1977-2008
Kuala Nerang	S48	KEDAH	100.61	6.25	1970-2000
Padang Katong	S49	PERLIS	100.19	6.45	2002-2008
Pdg Mat Sirat	S50	KEDAH	99.67	6.36	1972-2008



Tabel 7: Parameter Model Hujan Storm NSRP untuk bulan September - Desember

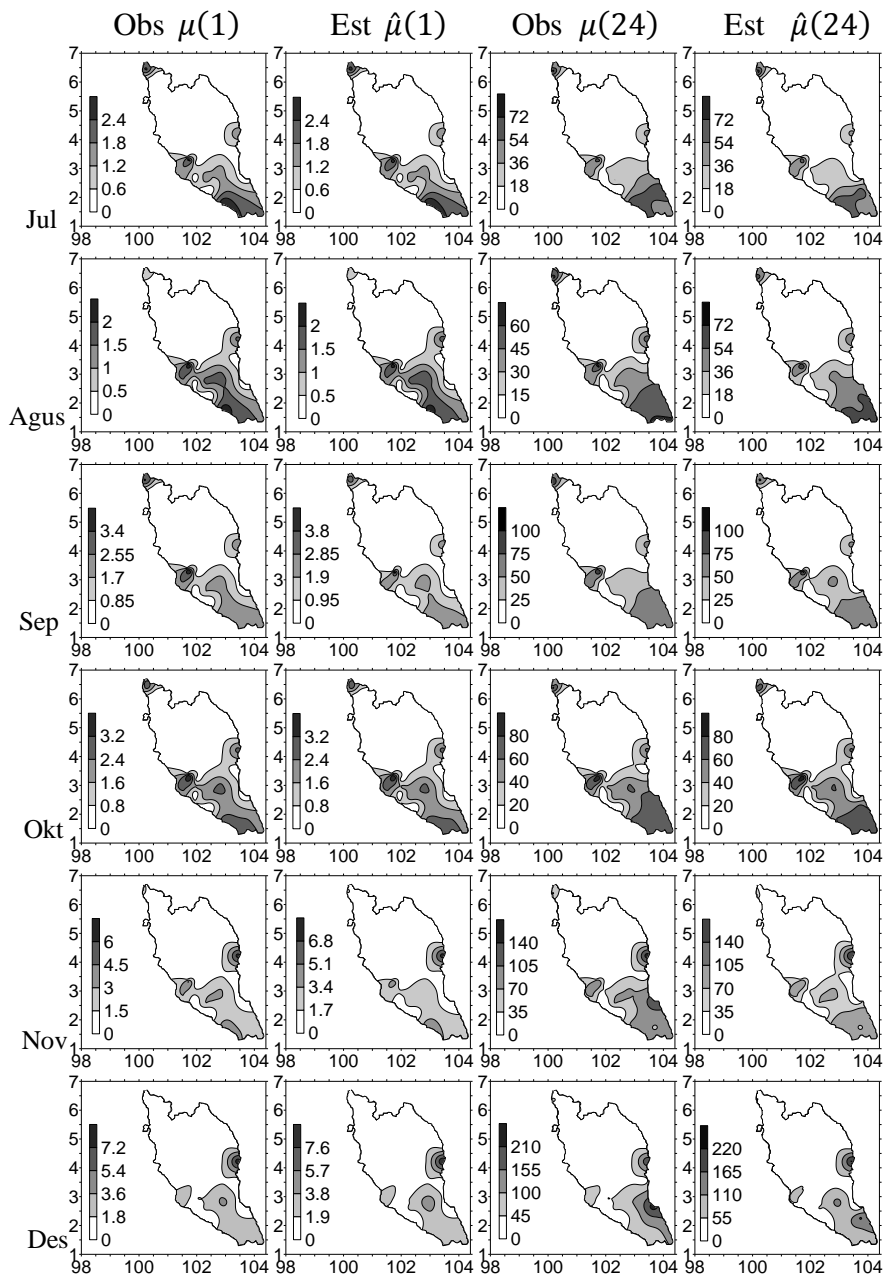
St	September					Oktober					November					Disember				
	λ	E(X)	E(C)	β	η	λ	E(X)	E(C)	β	η	λ	E(X)	E(C)	β	η	λ	E(X)	E(C)	β	η
S1	0.004	115.72	9.7	0	1.73	0.013	82.28	3.91	0.001	1.69	0.025	93.7	2.56	0.116	2.23	0.012	56.82	7.88	0.078	1.48
S2	0.025	75.31	2.85	0.875	2.22	0.024	99.28	1.83	0.056	1.72	0.028	221.46	1.46	0.02	2.08	0.021	70.67	4.58	0.109	2.56
S3	0.022	7.37	3.37	0.787	2.86	0.023	7.34	3.42	0.446	2.7	0.033	15.58	1.39	0.221	2.22	0.012	5.96	5.7	0.081	2.16
S4	0.015	134.12	1.93	0	1.92	0.019	65.64	3.21	0.084	1.97	0.003	74.4	16.28	0.001	1.48	0.015	85.3	5.41	0.112	1.96
S5	0.031	7.36	3.66	0.163	2.13	0.03	7.53	3.35	0.106	1.68	0.012	12.69	4.34	0.068	3.03	0.021	11.94	3.22	0.197	3.08
S6	0.032	7.8	3.44	0.139	2.74	0.032	7.79	3.44	0.138	2.74	0.022	5.28	5.77	0.098	2.23	0.012	4.31	15.23	0.081	2.13
S7	0.022	14.23	2.8	0.027	2.52	0.033	11.03	3.1	0.347	2.93	0.012	8.65	13.68	0.034	1.5	0.009	4.93	22.14	0.026	1.03
S8	0.002	413.46	11.66	0.002	4.28	0.023	110.2	2.74	0.102	2.85	0.027	89.3	2.8	0.193	2.31	0.012	94.99	10.56	0.097	2.22
S9	0.036	9.57	2.24	0.141	2.74	0.035	9.55	2.39	0.128	2.4	0.017	6.24	7.69	0.062	1.64	0.011	5.39	16.08	0.061	1.6
S10	0.02	7.04	2.9	0.172	1.77	0.027	6.1	3.18	0.123	1.79	0.014	5.17	11.08	0.054	1.08	0.01	3.86	14.21	0.045	0.71
S11	0.042	13.38	1.92	0.355	2.68	0.044	10.31	2.32	0.362	2.72	0.026	7.87	3.81	0.088	2.12	0.01	4.75	10.91	0.055	1.56
S12	0.019	76.6	3.19	0.108	1.92	0.016	54.06	5.48	0.067	1.77	0.013	56.95	14.2	0.071	1.42	0.01	35.41	36.41	0.06	1.32
S13	0.021	285.71	1.22	0.013	3.01	0.029	114.78	2.04	0.214	2.63	0.029	95.27	2.67	0.132	2.31	0.012	69.41	7.45	0.054	1.67
S14	NA	NA	NA	NA	NA	0.033	9.42	2.97	0.083	2.44	0.022	7.24	5.49	0.05	1.92	0.012	6.23	17.26	0.066	1.83
S15	0.005	13.59	14.7	0	3.1	0.041	8.6	2.71	0.228	2.46	0.021	8.16	8.95	0.047	1.91	0.013	4.99	20.43	0.04	1.24
S16	0.032	8.3	2.9	0.376	2.49	0.023	6.38	4.3	0.111	2.02	0.015	4.71	14.23	0.095	1.72	0.008	3.65	94.52	0.097	3.23
S17	0.026	8.16	2.37	0.397	2.45	0.025	8.05	2.48	0.118	1.89	0.02	7.41	3.75	0.066	1.98	0.014	5.27	6.69	0.053	1.68
S18	0.043	16.14	2.13	0.162	3.87	0.041	11.98	2.62	0.248	3	0.02	8.06	9.27	0.054	1.77	0.013	7.87	13.76	0.034	1.01
S19	0.027	15.59	1.51	0.004	2.52	0.034	9.45	3.01	0.082	2.87	0.023	13.26	5.63	0.126	3.31	0.012	6.26	44.97	0.111	4.95
S20	0.019	11.6	2	0.074	1.97	0.034	8.18	2.34	0.647	2.38	0.025	8.36	3.54	0.083	1.54	0.011	6.09	10.71	0.055	0.96
S21	0.021	6.95	4.18	0.125	2.3	0.029	8.98	3.57	0.181	2.76	0.007	5.67	10.95	0.037	2.3	0.008	7.62	5.65	0.096	2.82
S22	0.023	9.9	4.1	0.084	1.6	0.026	9.13	3.65	0.052	1.51	0.027	8.64	2.83	0.074	1.74	0.012	8.83	2.9	0.067	1.97
S24	0.022	7.38	3.37	0.787	2.86	0.023	7.34	3.42	0.446	2.7	0.028	2.71	11.38	0.478	3.02	0.012	5.96	5.7	0.081	2.16
S25	0.012	142.71	3.81	3E-05	1.79	0.028	104.91	2.85	0.07	2.26	0.037	82.69	2.57	0.121	2.08	0.009	85.79	6.55	0.042	2.03
S26	0.023	9.45	2.83	0.428	3.4	0.015	7.88	5.26	0.133	3.22	0.031	6.28	7.3	0.786	4.92	0.009	5.15	10.32	0.076	2.62
S28	0.026	6.67	3.19	0.095	1.51	0.04	7.08	2.53	0.139	1.8	0.051	6.69	2.44	0.177	1.95	0.016	5.9	5.05	0.059	1.86
S29	0.013	8.77	5.33	0.043	1.71	0.029	8.7	2.89	0.073	1.53	0.038	10.65	2.51	0.089	2.13	0.026	11.14	2.48	0.076	1.94
S30	0.017	66.49	3.75	0.209	2.77	0.015	72.17	3.91	0.084	2.3	0.015	79.97	4.67	0.044	2.15	0.014	44.1	5.34	0.066	1.8
S31	0.017	7.64	5.14	0.07	2.14	0.026	7.87	3.8	0.09	2.29	0.032	8.78	3.26	0.085	2.18	0.038	11.58	2.8	0.798	3.23
S32	0.036	269.31	2.27	0.627	4.73	0.045	139.77	1.66	0.104	2.77	0.048	110.72	1.95	0.263	2.52	0.015	107.2	3.47	0.051	2.63
S33	0.019	84.22	2.19	0.143	2.3	0.023	79.68	2.63	0.152	2.62	0.026	61.91	3.22	0.139	2.16	0.016	60.17	4.11	0.08	2.02
S34	0.024	65.59	3.3	0.483	2.7	0.022	67.27	3.36	0.12	2.18	0.023	60.32	4.92	0.08	2.17	0.014	44.12	6.91	0.061	1.69

bersambung...



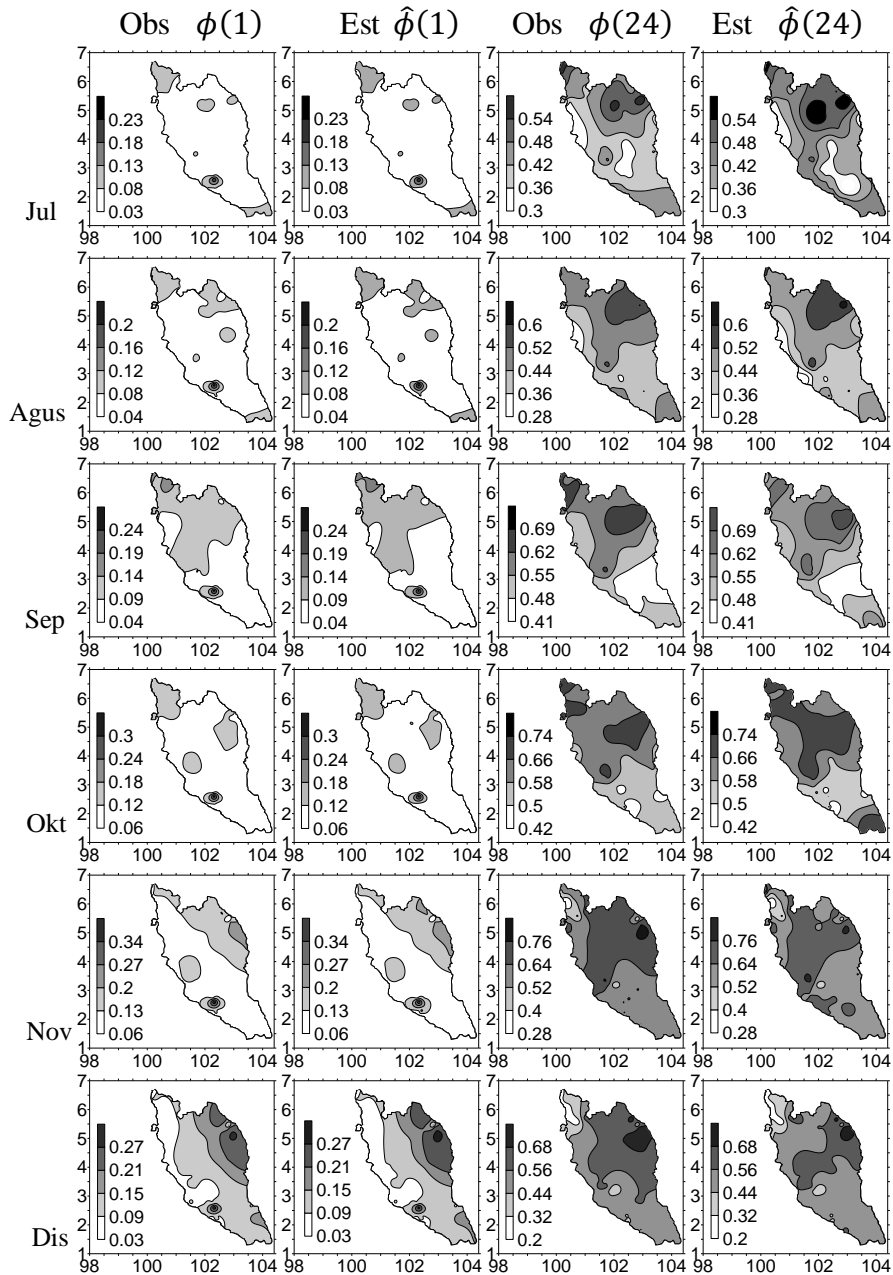
Gambar 6: Tingkah laku hujan yang diwakili 5 parameter model NSRP, Oktober-Desember





Gambar 7: Rata hujan 1 jam observasi $\mu(1)$, estimasi $\hat{\mu}(1)$, rata hujan 24 jam observasi $\mu(24)$, estimasi $\hat{\mu}(24)$ Juli-Desember





Gambar 8: Peluang hujan observasi 1 jam $\phi(1)$,estimasi $\hat{\phi}(1)$, peluang hujan 24 jam observasi $\phi(24)$,estimasi $\hat{\phi}(24)$ Juli-Desember



Kesimpulan

Isu perubahan iklim yang berkaitan dengan dengan tingkah laku hujan akan sangat bermanfaat diteliti untuk berbagai keperluan. Penelitian tingkah laku hujan dengan menggunakan data hujan skala singkat akan dapat memberikan berbagai informasi penting apabila dikelola dengan baik. Pengelolaan ini dapat dilakukan dengan menggunakan model hujan storm yang berdasarkan peristiwa dan kelompok. Pengelolaan data hujan ini dengan menggunakan model hujan tersebut dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan beberapa tingkah laku hujan yang terjadi untuk waktu yang akan datang. Pengelolaan data hujan ini juga dapat digunakan untuk tujuan pemetaan tingkah laku hujan terhadap suatu wilayah tertentu. Pemetaan ini tentu saja sangat bermanfaat dalam meminimalisir resiko akibat tingkah laku hujan yang terjadi pada tingkat atau batas yang membahayakan. Kerapatan data hujan skala singkat (setiap jam) dapat mengungkapkan berbagai tingkah laku hujan yang tidak dapat dilakukan oleh data hujan dalam skala panjang (harian, bulanan, dan tahunan)

Ucapan Terima Kasih. Penghargaan yang setinggi-tingginya dan terimakasih yang tak terhingga kepada Jabatan Pengairan Malaysia (JPS) atas izin dan kemudahan yang diberikan kepada peneliti untuk menggunakan data hujan dalam skala singkat (setiap jam).

Daftar Pustaka

- [1] A. Bahremand, and F. D. Smedt, Distributed Hidrological Modelling and sensitivity analysis in Torysa watershed, Slovakia, *Water Resour Manage*, 22(2008), 393-408.
- [2] A. R. Jorge, and R. L. Bras, Conditional Distributions of Neyman-Scott Models for Storm Arrivals and Their Use in Irrigation Scheduling, *WATER RESOURCES RESEARCH*, 21 (1985), 317-330
- [3] R. Yendra, A. A. Jemain, and W. Z. Wan Zin, Penentuan Taburan Terbaik daripada Hujan Maksimum Bagi Tempoh Ribut yang Panjang Melebihi 48 Jam (MR) dan Hujan Maksimum Tahunan (MT) (The Best Fitting Distribution of Maximum Storm Rainfall with Long Duration with More than 48 H (MR) and Maximum Rainfall Annually (MT)), *Sain Malaysiana*, 43(2014), 1451-1460
- [4] P. Cowpertwait, P. O'Connell, A. Metcalfe, and J. Mawdsley, Stochastic point process modelling of rainfall: I. Single-site fitting and validation. *Journal of Hydrology* 175(1996a), 17-46.



- [5] B. Palynchuk, Y. Guo, Threshold analysis of rainstorm depth and duration statistics at Toronto, Canada, *Journal of Hydrology*, 348 (2008), 535–545.
- [6] I. Rodriguez-Iturbe, D. R. Cox, and V. Isham, Some models for rainfall based on stochastic point processes, *Proceedings of Royal Society of London Series A* 410 (1987a), 269-288.
- [7] J. R. M. Hosking, J. R. Wallis, Regional frequency analysis: an approach based on L-moments. Cambridge University Press, London, p 224. 1997
- [8] I. Rodriguez-Iturbe, B. Febres De Power, and J. Valdes, Rectangular pulses point process models for rainfall : analysis of empirical data, *Journal Geophysical Research* , 92 (1987b), 9645-9656.
- [9] P. S. P. Cowpertwait, P. E. O’Connell, A. V. Metcalfe, and J. A. Mawdsley, Stochastic point process modeling of rainfall. I. Single site fitting and validation, *Journa of Hydrology*. 175(1996a), 17-46.

