

Pemetaan Intensitas dan Durasi Sel Hujan Dengan Menggunakan Metoda Neyman-Scott Rectangular Pulse (NSRP) Dan Kepentingannya Bagi Dunia Industri

R. Yendra^a, A.A. Jemain^b, W.Z. Wan Zin^b, Rahmadeni^a, D. Ari Pani^a

^a)Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology,
Islamic State University of Riau, 28293, Pekanbaru, Riau, Indonesia

^b)School of Mathematical Sciences, Faculty of Science and Technology,
Universiti Kebangsaan Malaysia, UKM, 43600, Bangi, Selangor, Malaysia

Abstrak

Penelitian tentang hujan merupakan hal terpenting dalam menjamin dunia industri dapat berkembang dengan baik. Penentuan letak daerah industri yang bebas dari resiko banjir dalam jangka waktu yang panjang adalah hal yang terpenting bagi menjamin berkembangnya industri tersebut. Oleh sebab itu pemodelan statistik yang dapat meramalkan dua sifat hujan yang sangat penting dalam mempengaruhi terjadinya banjir yaitu intensitas dan durasi hujan sangat diperlukan. Data hujan setiap jam selama 37 tahun (1971-2008) yang diperoleh dari 55 stasiun hujan di berbagai daerah pada Semenanjung Malaysia akan digunakan dalam menghasilkan model yang baik untuk tujuan ini. Model hujan stokastik Neyman-Scott Rectangular Pulse (NSRP) telah digunakan dalam penelitian ini untuk mendapatkan nilai ramalan dua sifat hujan di atas. Nilai ramalan intensitas dan durasi untuk hujan yang terjadi pada bulan 12 akan disajikan dalam bentuk pemetaan yang dihasilkan dengan menggunakan metoda Kriging. Pemetaan yang dilakukan terhadap dua sifat hujan di atas akan dapat digunakan dengan baik dalam memastikan daerah-daerah yang aman dalam meletakkan pusat-pusat industri. Dari hasil pemetaan tersebut dapat disimpulkan bahwa daerah Selatan Semenanjung Malaysia sangat tidak baik untuk dijadikan pusat industri, hal ini dikarenakan dua sifat hujan di atas cukup tinggi pada bagian selatan daerah tersebut. Sedangkan Daerah Bagian Utara Negeri tersebut sangat tepat untuk dijadikan sebagai daerah industri.

Pendahuluan

Pemodelan hujan dengan menggunakan metoda NSRP merupakan suatu metoda yang dapat meramal dua sifat hujan yang sangat penting yaitu intensitas dan durasi hujan. Penelitian dibidang hidrologi selalu sangat bergantung kepada dua sifat di atas, terutama dalam meperkirakan banjir dan tanah longsor secara dini. Penelitian mengenai pemetaan atau yang lebih dikenal dengan istilah Spasial terhadap daerah-daerah dalam suatu daerah yang dilalui oleh intensitas hujan yang tinggi dan durasi yang lama juga akan sangat berguna dalam menentukan letak-letak pusat industri pada daerah tersebut. Oleh sebab itu ketersediaan data hujan setiap jam yang lengkap merupakan hal terpenting dalam penelitian ini.

Penelitian tentang pemodelan hujan dengan menggunakan metoda NSRP telah banyak dilakukan oleh peneliti, diantaranya Rodriguez-Iturbe et al., (1987b) telah meneliti kesamaan dan kelemahan yang terdapat pada pemodelan NSRP dan pemodelan Bartlett-Lewis, Entekhabi et al., (1989) juga telah menggunakan model NSRP dengan durasi hujan yang terdistribusi secara eksponensial dan mendapatkan hasil yang baik untuk data hujan di Denver pada musim panas. Cowpewart (1991) juga menggunakan peluang tidak hujan pada pemodelan NSRP untuk data hujan 10 tahun di UK. Cowpewart (1994) juga menggunakan pemodelan NSRP untuk meneliti data hujan ekstrem. Penelitian pemodelan hujan dengan metoda NSRP dengan menggunakan berbagai distribusi untuk intensitas sel hujan, diantara distribusi yang sering digunakan yaitu distribusi eksponen, campuran eksponen, gamma dan weibull, kebanyakan peneliti selalunya menggunakan distribusi eksponen untuk intensitas sel hujan, diantara peneliti yang melakukan ini yaitu (Rodriguez-Iturbe et al., 1987a, 1988; Cowpewart 1996).

Pemodelan NSRP

Rodriguez-Iturbe et al. (1987) dan Cowpewart, (1998) adalah peneliti yang telah mengembangkan model hujan NSRP. Kedua peneliti tersebut telah menggunakan 5 parameter ($\lambda, E(C), E(X), \beta$ dan η) dalam memodelkan hujan dengan metoda NSRP. Pemodelan ini dapat dijelaskan dengan mudah berdasarkan kepada peristiwa sederetan hujan yang terjadi dan dikenal dengan istilah storm, setiap terjadinya storm akan mengikuti suatu proses Poisson dan waktu yang terjadi untuk setiap storm tersebut terdistribusi secara eksponensial dengan rata-rata λ , dalam setiap storm mengandung sejumlah sel-sel hujan secara acak dan sel hujan tersebut terdistribusi poisson dengan rata-rata $E(C)$, waktu setiap sel hujan yang

* corresponding author : yendra_75@yahoo.com.sg

dihitung dari permulaan storm terdistribusi secara eksponensial dengan rata-rata β , setiap sel hujan mengandung intensitas hujan yang terdistribusi secara eksponensial dengan rata-rata η dan durasi hujan yang terdistribusi secara eksponensial dengan rata-rata $E(X)$. Hubungan 5 parameter di atas terhadap beberapa nilai statistik momen, seperti rata-rata hujan, variasi hujan untuk berbagai skala hujan, kovariansi untuk berbagai skala hujan dan peluang hujan dapat dirumuskan dalam persamaan matematis secara berturut-turut pada persamaan (1) hingga (4) berikut

$$E\left(Y_i^{(\tau)}\right) = \lambda\tau\eta^{-1}E(C)E(X) \quad (1)$$

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

$$Cov\left(Y_i^{(\tau)}, Y_{i+k}^{(\tau)}\right) = \Omega_1(\lambda, C, X)\Psi_3(\eta, \tau, \beta) + \Omega_2(\lambda, C, X)\Psi_4(\eta, \tau, \beta) \quad (3)$$

$$Pr\left(Y_i^{(\tau)} > 0\right) = 1 - Pr\left(Y_i^{(\tau)} = 0\right) \quad (4)$$

dimana

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

$$p(t, \tau) = \left(\exp(-\beta(t + \tau)) + 1 - \frac{(\eta\exp(-\beta t))}{(\eta - \beta)}\right) \times \exp\left(-E(C) - 1\right) \frac{\beta(\exp(-\beta t) - \exp(-\eta t))}{\eta - \beta} - (E(C) - 1)\exp(-\beta t) + (E(C) - 1)\exp(-\beta(t + \tau))$$

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

$$\Omega_2(\lambda, C, X) = \lambda E(C^2 - C)E^2(X)\Psi_1(\eta, \tau) = \eta^{-3}(\eta\tau - 1 + \exp(-\eta\tau))\Psi_2(\eta, \tau, \beta) \\ = \Psi_1(\eta, \tau) \left(\frac{\beta^2}{\beta^2 - \eta^2}\right) - \frac{\beta\tau - 1 + \exp(-\beta\tau)}{\beta(\beta^2 - \eta^2)}$$

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

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

k = lag auto korelasi 1, 2, 3

τ = skala hujan 1, 6 dan 24 jam

Ramalan Parameter NSRP

Rodrigues-Iturbe et al. (1987a,b), dan Cowpertwait, (1991) telah menggunakan metoda momen untuk meramalkan parameter NSRP. Metoda lain untuk meramalkan parameter ini yaitu dengan menggunakan metoda maksimum like-lihood, seperti yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya Smith dan Karr, (1985a,b); Obeysekera et al, (1987). Metoda momen selalu dimulai terlebih dahulu dengan mendapatkan sederetan data hujan untuk berbagai skala (1, 6, dan 24 jam), seterusnya dengan mendapatkan statistik momen (rata-rata, variasi, kovariansi, dan peluang hujan) bagi setiap sederetan data tersebut akan diperoleh beberapa persamaan yang tak linier. Beberapa persamaan tak linier yang dihasilkan akan diselesaikan dengan menggunakan metoda numerik untuk mendapatkan nilai ramalan parameter NSRP tersebut. Penyelesaian dengan metoda numerik untuk beberapa persamaan yang tidak linier selalu memerlukan nilai awal yang tepat untuk memudahkan model menjadi optimum. Beberapa peneliti telah memberikan nilai awal untuk penelitian ini diantaranya adalah Cowpertwait (1998), Calenda dan Napolatino (1999). Pada kenyataannya cara bernumerik ini tidak mudah, memerlukan banyak nilai awal untuk uji coba sehingga penyelesaian menjadi optimum. Favre et al. (2004) telah mencoba memberikan cara yang baik untuk memudahkan peramalan parameter NSRP, penelitian dilakukan dengan membagi parameter menjadi dua kumpulan parameter sel $\{\xi, \eta\}$ dan parameter $\{\mu, \lambda, \beta\}$, dengan memberi nilai awal pada salah satu kumpulan parameter, maka cara bernumerik untuk persamaan yang lebih sederhana dapat dilakukan. Calenda dan Napolatino (1999) ikut memberikan sumbangan untuk memudahkan ramalan ini, pada penelitiannya diberikan suatu nilai skala fluktuasi yang menghubungkan 1 parameter dengan 4 parameter lainnya, sehingga mengoptimalkan nilai Z hanya akan menggunakan 4 parameter lainnya

Data Hujan

Data hujan setiap jam selama 37 tahun (1971-2008) yang diperoleh dari 55 stasiun hujan diberbagai daerah Semenanjung Malaysia akan digunakan dalam penelitian ini. Dua sifat hujan di atas akan diramalkan dengan menggunakan data hujan tersebut. Data untuk posisi letak stasiun – stasiun hujan tersebut dalam bentuk letak lintang dan bujur juga digunakan untuk memudahkan dalam membuat pemetaan dua sifat hujan di atas.dalam meramal dua sifat hujan yang telah dibicarakan di atas. Letak stasiun-stasiun hujan tersebut telah dihasilkan, seperti yang digambarkan pada gambar 1.



Gambar1. 55 Stasiun hujan di Semenanjung Malaysia

Hasil Penelitian

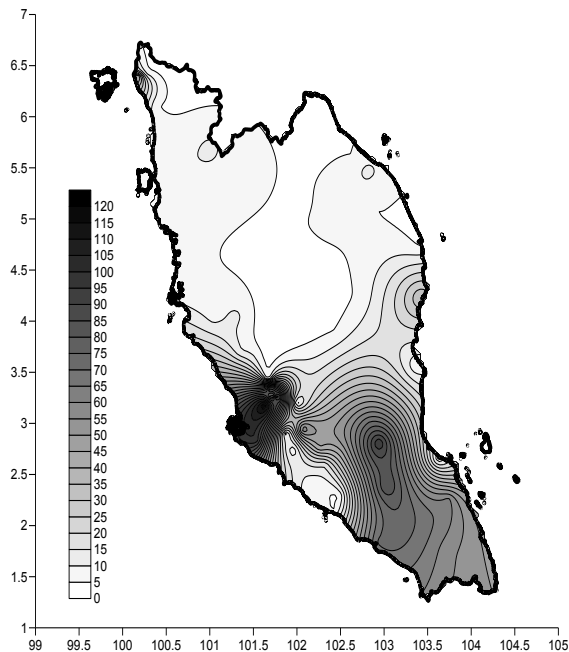
Ramalan nilai parameter NSRP untuk data hujan yang terjadi pada bulan 12 telah dihasilkan melalui persamaan (1) hingga (4), seperti yang telah dihasilkan pada tabel 1. Dua sifat hujan yaitu intensitas dan durasi hujan seperti yang dihasilkan pada tabel 1 yang diwakilkan oleh parameter $E(X)$ dan η akan dipetakan dengan menggunakan metoda Kriging.

Tabel 1. Nilai intensitas dan durasi hujan untuk 55 stasiun hujan.

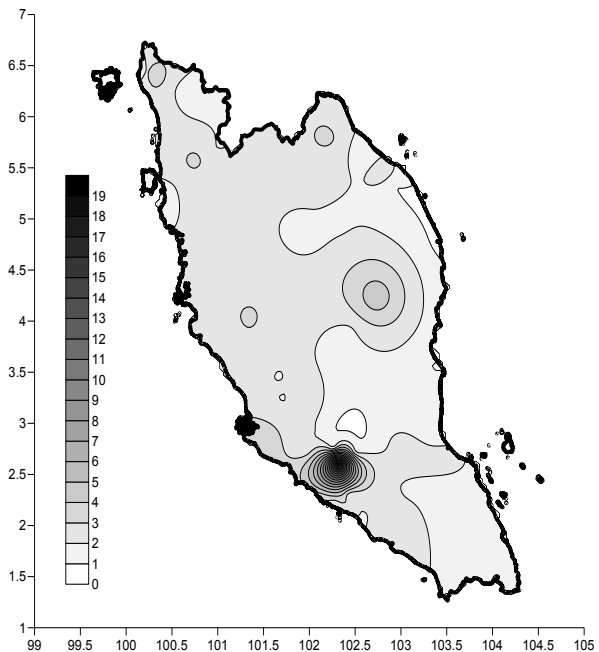
Rain station name	latitude	Longitude	λ	$E(x)$	$E(c)$	β	η
Alor Setar	100.39	6.11	0.00700	5.463	7.403	0.0864	2.582
ampang	102	3.2	0.00840	7.619	5.651	0.0956	2.820
arau	100.27	6.43	0.00539	8.226	24.887	0.0667	3.980
baling	100.74	5.58	0.00635	9.602	5.567	0.0974	3.338
batuHampar	102.82	5.45	0.02120	11.942	3.218	0.1971	3.082
batupahat	102.93	1.84	0.02110	70.666	4.583	0.1087	2.557
behor	100.18	6.39	0.00653	47.749	15.712	0.1023	1.916
bertam	102.05	5.15	0.01168	4.311	15.228	0.0812	2.127
besut	102.62	5.64	0.00928	4.931	22.143	0.0258	1.034
bktBendera	100.27	5.42	0.01217	8.833	2.895	0.0674	1.974
bktKajang	102.38	2.24	0.00878	5.037	14.890	0.0456	3.281
chanis	102.94	2.81	0.01243	94.991	10.557	0.0967	2.218
chinchin	102.49	2.29	0.01217	5.960	5.701	0.0810	2.162
dabong	102.05	5.15	0.01132	5.389	16.075	0.0613	1.603
endau	103.62	2.65	0.01217	5.961	5.700	0.0810	2.162
gentingKlang	101.75	3.24	0.00885	85.787	6.553	0.0416	2.034
gombak	101.73	3.27	0.01021	69.494	5.284	0.0272	1.745
guamusang	101.97	4.88	0.01036	4.750	10.913	0.0545	1.564
jasin	102.43	2.31	0.00872	5.148	10.323	0.0758	2.619
johol	102.32	2.6	0.00712	16.666	391.201	0.0797	18.732
kalongTgh	101.67	3.44	0.01610	5.900	5.050	0.0589	1.864

kampar	101	5.71	0.02565	11.138	2.479	0.0762	1.940
kemaman	103.42	4.23	0.00964	35.412	36.414	0.0601	1.319
kepasing	102.83	3.02	0.01162	69.413	7.448	0.0537	1.668
kgaring	102.35	4.94	0.01168	6.234	17.261	0.0660	1.827
kgdura	102.94	5.07	0.01271	4.986	20.432	0.0398	1.240
kgawahlebar	102.26	2.76	0.01370	44.100	5.339	0.0656	1.802
kgsgTua	101.69	3.27	0.01694	70.551	4.070	0.0870	1.931
kluangmersing	103.74	2.26	0.01260	61.217	14.327	0.0772	1.524
kotatinggi	103.72	1.76	0.01167	56.817	7.880	0.0782	1.477
kualanerang	100.61	6.25	0.00814	3.620	6.920	0.0798	1.514
kualaSteh	101.77	3.26	0.01511	107.190	3.466	0.0511	2.631
labis	103.02	2.38	0.01501	85.297	5.407	0.1117	1.965
ldgBikam	101.3	4.05	0.03807	11.583	2.796	0.7978	3.233
machang	102.22	5.79	0.00820	3.651	94.523	0.0972	3.233
merlimau	102.43	2.15	0.01140	4.972	6.614	0.1021	2.361
payaKangsar	102.43	3.9	0.01402	5.266	6.692	0.0525	1.676
pdgkatong	100.19	6.45	0.00269	16.505	22.198	0.0482	1.090
pdgMatSirat	99.67	6.36	0.00839	7.684	4.090	0.0976	2.861
petaling	102.07	2.94	0.01582	60.170	4.110	0.0804	2.017
rompin	102.51	2.72	0.01356	44.117	6.913	0.0613	1.686
seremban	101.96	2.74	0.01433	6.558	4.533	0.0686	2.065
sgBatu	101.7	3.33	0.03272	97.955	2.417	0.1698	2.457
sgBernam	101.35	3.7	0.01998	11.082	3.775	0.0910	2.834
sgMangg	101.54	2.83	0.02438	97.534	3.776	0.1984	3.713
sgPinang	100.21	5.39	0.01037	6.874	3.982	0.1027	1.824
sgTong	102.89	5.36	0.01349	7.875	13.764	0.0344	1.009
sgUdang	102.13	2.29	0.01119	6.608	9.187	0.0873	3.361
sitiawan	100.7	4.22	0.01652	8.568	3.864	0.0918	2.309
smpgAmpat	100.48	5.29	0.01624	6.772	3.195	0.1217	1.787
telokIntan	101.04	4.02	0.02377	8.673	3.104	0.1812	2.014
tnjgmalim	101.52	3.68	0.02235	8.861	3.118	0.0858	2.427
uluTekai	102.73	4.23	0.01206	6.259	44.968	0.1113	4.946

Pemetaan dua sifat hujan untuk 55 stasiun hujan seperti yang telah ditunjukkan pada tabel 1, seperti yang telah ditunjukkan pada gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Pemetaan kelembatan hujan, Untuk hujan pada bulan 12



Gambar 3. Pemetaan kelembatan hujan, Untuk hujan pada bulan 12

Dari dua pemetaan yang telah dihasilkan di atas dapat dilihat bahwa daerah sebelah utara Semenanjung Malaysia sangat baik digunakan sebagai daerah pusat industri, hal ini dikarenakan daerah tersebut adalah daerah yang dilalui oleh intensitas hujan yang rendah dan durasi hujan yang singkat, seterusnya daerah bagian Selatan negeri tersebut terutama daerah yang paling gelap pada peta yang dihasilkan adalah daerah yang sangat tinggi resiko untuk terjadinya banjir dan tanah longsor. Hal ini dikarenakan daerah tersebut dilalui oleh intensitas hujan yang tinggi dan durasi hujan yang lama.

Kesimpulan

Meramalkan terjadinya bencana alam seperti banjir dan tanah longsor merupakan suatu hal yang sangat penting. Hal ini dikarenakan banyak bidang kegiatan yang tergantung kepada dua bencana alam tersebut. Oleh sebab itu ketersediaan data hujan yang lengkap dalam waktu yang lama, merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam meneliti sifat-sifat hujan, terutama sekali yang berhubungan dengan bencana alam di atas (intensitas dan durasi). Data yang lengkap tersebut akan sangat membantu dalam memudahkan meramalkan nilai sifat hujan tersebut, peramalan yang baik akan dapat digunakan untuk memetakan dua sifat hujan tersebut. Pemetaan yang dilakukan dengan menggunakan metoda Kriging akan sangat bermanfaat bagi berbagai pihak, terutama bagi departemen-departemen yang bertanggung jawab dalam mengatasi bencana banjir dan tanah longsor.

Referensi

- Calenda, G., Napolitano, F., 1999. Parameter estimation of Neyman-Scott process for temporal point rainfall simulation. *Journal of Hydrology* 225, 45-66.
- Cowperrwait, P.S.P., 1991. Further development of the Neyman-Scott clustered point process for modeling rainfall. *Water Resources Research* 27, 1431-1438. *Corr. Vol. 28*, p. 1497.
- Cowperrwait, P.S.P., 1994. A generalized point process model for rainfall. *Proc. Roy. Soc. London A* 447: 23-37
- Cowperrwait, P.S.P., O'Connell, P.E., Metcalfe, A.V., Mawdsley, J.A., 1996. Stochastic point process modeling of rainfall. I. Single site fitting and validation. *J. Hydrol.* 175, 17-46
- Cowperrwait, P.S.P., O'Connell, P.E., Metcalfe, A.V., Mawdsley, J.A., 1996. Stochastic point process modeling of rainfall. II. Regionalisation and disaggregation. *J. Hydrol.* 175, 47-65
- Cowperrwait, P.S.P., 1998. A poisson-cluster model of rainfall: some high-order moments and extreme values. *Proc. R. Lond. A* 454, 885-898
- Entekhahi, D., Rodriguez-Iturbe, I., Eagleson, P.S., 1989. Probabilistic representation of the temporal rainfall process by a modified Neyman-Scott rectangular pulses model: parameter estimation and validation. *Water Resources Research* 25, 295-302.
- Favre, A.-C., Musy, A., Morgenthaler, S., 2004. Unbiased parameter estimation of the Neyman-Scott model for rainfall simulation with related confidence interval. *Journal of Hydrology* 286, 168-178.
- Obeysekera, J.T.B., Tabios III, G.Q., Salas, J.D., 1987. On parameter estimation of temporal rainfall model. *Water Resour. Res.* 23 (10), 1837-1850
- Rodriguez-Iturbe, I., Cox, D.R., Isham, V., 1987a. Some models for rainfall based on stochastic point processes. *Proceedings of Royal Society of London Series A* 410 (1839), 269-288.
- Rodriguez-Iturbe, I., Febres De Power, B., Valdes, J., 1987b. Rectangular pulses point process models for rainfall : analysis of empirical data. *Journal Geophysical Research* 92 (D8), 9645-9656.
- Smith, J.A., Karr, A.F., 1985. Statistical inference for point process of rainfall. *Water Resour. Res.* 21 (1), 73-79.
- Smith, J.A., Karr, A.F., 1985. Parameter estimation for a model of space-time rainfall. *Water Resour. Res.* 21 (8), 1251-1257