

Ke-100, 2 Oktober 2013

Science Forensic In Investigating Digital Evidence



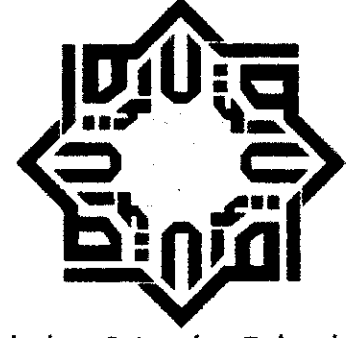
Prosiding



SNTIKI 5

Seminar Nasional
Teknologi Informasi
Komunikasi dan Industri

diselenggarakan oleh:



Fakultas Sains dan Teknologi
UIN SUSKA RIAU

Didukung oleh
TELKOMNIKA
Indonesian Journal of Electrical Engineering

Sponsor
Jurnal SiTekIn
Jurnal Sains, Teknologi dan Industri

Alex Wenda, Rajes Nanda Zetri
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains & Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau

- Paper 59 Komputasi Sederhana untuk Mengestimasi Parameter Model Neyman-Scott Rectangular Pulse (NS) 523
Rado Yendra¹, Ari Pani Desvina², Abdul Aziz Jemain³, Wan Zawiyah Wan Zin⁴
^{1,2}Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau
^{3,4}Pusat Pengajian Sains Matematik Fakulti Sains dan Teknologi Universiti Kebangsaan Malaysia
- Paper 60 Studi Pengaruh *Shift* Kerja dan Waktu Libur Terhadap Tingkat Kelelahan Karyawan 532
Merry Siska¹, Oky Bisma Thama Putra²
Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim
- Paper 61 *Semiconductor Optical Amplifier* sebagai *Inline Amplifier* pada Sistem Komunikasi Optik 539
Rika Susanti¹, Yudi Nasrendra²
UIN Suska Riau
- Paper 62 Restrukturisasi Instruksi Kerja Pada Stasiun Kerja Mesin *Chain saw* dan *Rotary* Menggunakan *Flowchart* di PT.PEBPI Unit Pabrik 546
Didi Eka Putra MS.¹, Tengku Nur Ainun²
Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim
- Paper 63 Analisa Manajemen Sumber Daya Manusia Menggunakan Perspektif *Learning and Growth* 560
Studi Kasus :Pada PT.Suzuki Finance Indonesia Cabang Duri
Gita Tanika¹, Tengku Nurainun M.T²
Teknik Industri - Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
- Paper 64 Analisis Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Pada Bagian Produksi di CV. X 567
Diana Khairani Sofyan
Universitas Malikussaleh
- Paper 65 Analisis Ketidaksetimbangan Beban Pada Transformator Distribusi di PT PLN (PERSERO) Rayon PanamPekanbaru 574

Komputasi Sederhana untuk Mengestimasi Parameter Model Neyman-Scott Rectangular Pulse (NS)

Rado Yendra¹, Ari Pani Desvina², Abdul Aziz Jemain³, Wan Zawiyah Wan Zin⁴

^{1,2}Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau

^{3,4}Pusat Pengajian Sains Matematik Fakulti Sains dan Teknologi Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor D.E., Malaysia

e-mail: yendra_75@yahoo.com.sg, aripandesvina@gmail.com

Abstrak

Pemodelan hujan Neyman-Scott Rectangular Pulse (NS) sangat baik digunakan untuk mengestimasi berbagai sifat fisik hujan (statistik momen 1, 2 dan 3) dalam skala singkat (setiap jam). Penyelesaian secara bernumerik untuk mendapatkan parameter model tersebut telah mengakibatkan penelitian tentang model ini cukup sukar untuk dilaksanakan. Oleh sebab itu teknik komputasi sederhana yang diperkenalkan pada penelitian ini sangat baik untuk mengatasi masalah ini. Data hujan setiap jam selama 38 tahun (1970-2008) pada salah satu stasiun hujan di Kerajaan Malaysia yaitu stasiun hujan Alor Setar akan digunakan untuk aplikasi teknik ini, dan hasil penelitian ini telah menunjukkan bahwa teknik ini cukup baik dalam mengestimasi sifat fisik hujan tersebut.

Kata kunci: komputasi sederhana, NS, pemodelan hujan, statistik momen

Abstract

Rainfall modeling Neyman-Scott Rectangular Pulse (NS) is best used to estimate the physical properties of the rain (statistical moments of 1, 2 and 3) in the short scale (every hour). The numerical method to estimate parameter on this model is quite difficult to be implemented. Therefore, a simple computation technique introduced in this study is very good to deal with this problem. Hourly rainfall data for 38 years (1970-2008) at one station rainfall namely Alor Setar station will be used for the application of this technique. and the results of this study have shown that this technique is quite well in estimating the physical properties of the rain.

Keywords: simple computing, NS, modeling rain, statistics moment

1. Pendahuluan

Perubahan iklim yang telah terjadi, telah mengakibatkan pemodelan hujan dengan menggunakan data hujan dalam skala panjang seperti dalam bulanan dan tahunan tidak memberikan informasi yang cukup untuk berbagai keperluan dibidang hidrologi. Data hujan dalam skala panjang ini diketahui tidak dapat memberikan gambaran tentang sifat-sifat storm yang sangat diperlukan, seperti menentukan sifat ekstrim storm (durasi dan intensitas) yang digunakan untuk meramalkan kekuatan suatu bendungan dan memperkirakan biaya yang diperlukan untuk membangun jembatan yang dapat bertahan dalam jangka waktu 100 tahun yang akan datang. Oleh sebab itu, pemodelan dengan menggunakan data hujan dalam skala singkat (setiap jam) seperti model hujan Neyman-Scott Rectangular Pulse (NS) menjadi sangat penting dalam mengatasi masalah di atas.

Penentuan nilai parameter model hujan NS adalah bagian terpenting dalam melakukan pemodelan hujan ini. Beberapa metoda untuk menghasilkan nilai parameter ini telah dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya dengan menggunakan metoda maksimum like-lihood [12], [13], [9], sedangkan [10], [11] telah memperkenalkan suatu metoda untuk mendapatkan nilai parameter ini, dimana dalam penggunaannya tergantung kepada penyelesaian secara numerik terhadap beberapa persamaan yang menghubungkan nilai statistik momen yang dihasilkan dari data sebenarnya atau disebut dengan statistik observasi dan statistik momen yang dihasilkan oleh model NS atau disebut dengan statistik historis. Teknik ini juga turut dikembangkan oleh beberapa peneliti lain diantaranya, [7], [2], [3], [4], [5], [6], [14], [1], [8].

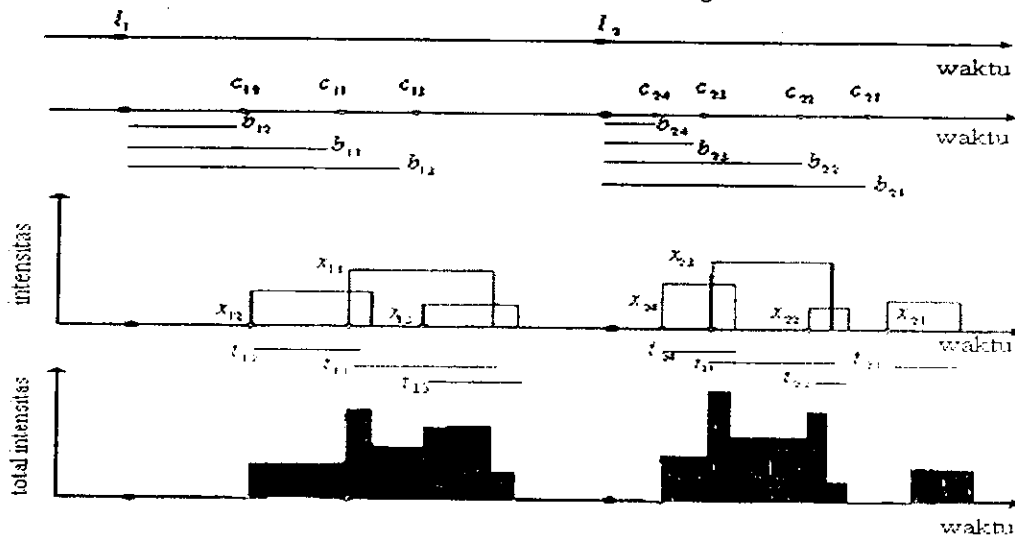
Modifikasi teknik ini telah dihasilkan oleh beberapa peneliti lain, Cowpewartait [6] telah memisahkan parameter model ini menjadi dua bagian. Bagian pertama adalah persamaan yang berisikan parameter storm $\{\lambda, \beta, E(C)\}$ dan bagian kedua adalah parameter yang berisikan parameter sel hujan $\{\eta, E(X)\}$, pada penelitian tersebut nilai awal akan diberikan pada satu bagian saja dan seterusnya penyelesaian secara numerik akan dilakukan pada bagian kedua. Secara umumnya pada penelitian ini bertujuan untuk menyederhanakan persamaan yang ditimbulkan oleh hubungan statistik observasi dan historis. Favre et al. [8] juga telah menghasilkan suatu teknik modifikasi yang sangat baik dalam mengestimasi parameter, secara umumnya penelitian yang telah dilakukan hampir sama dengan yang dilakukan oleh Cowpewartait [6]. Perbedaan kedua teknik modifikasi ini terletak pada parameter-parameter yang digunakan dalam bagian satu dan dua. Favre et al. [8] menggunakan parameter $\{\lambda, E(C), E(X)\}$ pada bagian pertama dan parameter $\{\beta, \eta\}$ pada bagian kedua.

Penelitian ini akan dilakukan dengan susunan sebagai berikut, pada bagian ke-2 teori pemodelan hujan NS akan dibahas dengan baik, selanjutnya pada bagian ke-3 akan dibahas teknik komputasi sederhana yang merupakan pengembangan dari yang telah dilakukan oleh Favre et al. [8] dalam mengestimasi parameter model. Hasil penelitian akan dibahas pada bab ke-4 dan selanjutnya beberapa kesimpulan akan diberikan pada bagian ke-5.

2. Pemodelan NS

Parameter model NS secara umumnya ada 5 yaitu $\lambda, E(C), \beta, E(X),$ dan η . Setiap parameternya dapat dijelaskan sebagai peristiwa sekumpulan hujan dalam beberapa bagian tertentu yang setiap bagiannya dikenal dengan istilah storm. Dalam setiap storm, terdapat beberapa bagian penting yang harus diketahui dengan baik, yaitu waktu bermulanya setiap storm yang terdistribusi secara eksponen dengan rata-rata λ , jumlah sel hujan dalam setiap storm yang terdistribusi secara Poisson dengan rata-rata $E(C)$, waktu terjadinya sel hujan yang dihitung dari waktu bermulanya setiap storm terdistribusi secara eksponen dengan rata-rata β . Selanjutnya dua parameter lainnya terletak di dalam setiap sel hujan, yaitu intensitas sel hujan yang terdistribusi secara eksponen dengan rata-rata $E(X)$ dan durasi sel hujan yang terdistribusi secara eksponen dengan rata-rata β . Untuk lebih memahami tentang 5 parameter model ini, Gambar 1 turut ditampilkan pada penelitian ini.

Penentuan nilai parameter model, ditentukan oleh penyelesaian secara numerik dari persamaan (1), (2), dan (3) yang dihasilkan oleh hubungan statistik momen observasi dan teori. Statistik momen yang digunakan dalam penelitian ini adalah statistik momen 1, 2, dan 3 atau yang lebih dikenal dengan rata-rata, variasi dan auto korelasi lag-1.



Gambar 1. t_i waktu storm bermula pada storm ke- i , c_{ij} sel hujan ke- j pada storm ke- i , b_{ik} waktu sel hujan bermula ke- k pada storm ke- i , t_{js} durasi sel hujan ke- s pada sel ke- j dan x_{jr} intensitas sel hujan ke- r pada sel ke- j .

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

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

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

dimana

$$\Omega_1(\lambda, E(C), E(X)) = 2\lambda E(C)E(X^2) \quad (4)$$

$$\Omega_2(\lambda, E(C), E(X)) = \lambda E(C^2 - C)E^2(X) \quad (5)$$

$$\Psi_1(\eta, \tau) = \frac{1}{\eta^3} (\eta\tau - 1 + \exp(-\eta\tau)) \quad \Psi_2(\beta, \eta, \tau) = \Psi_1(\eta, \tau) \frac{\beta^2}{\beta^2 - \eta^2} - \frac{\beta\tau - 1 + \exp(-\beta\tau)}{\beta(\beta^2 - \eta^2)} \quad (6)$$

$$\Psi_3(\beta, \eta, \tau) = \frac{1}{2\eta^3} (1 - \exp(-\eta\tau))^2 \exp(-\eta(k-1)\tau) \quad (7)$$

$$\Psi_4(\beta, \eta, \tau) = \Psi_3(\beta, \eta, \tau) \frac{\beta^2}{\beta^2 - \eta^2} - \frac{(1 - \exp(-\beta\tau))^2 \exp(-\beta(k-1)\tau)}{2\beta(\beta^2 - \eta^2)} \quad (8)$$

dengan

k = auto korelasi lag 1, 2, 3

τ = skala atau agregat hujan

3. Metoda Komputasi Sederhana

Metoda komputasi sederhana ini, secara umumnya dilakukan berdasarkan pada penelitian [8]. Komputasi sederhana ini dapat dilakukan dengan tahapan

1. ambil parameter β untuk semua nilai dalam interval 0.01 – 0.2 dengan jarak 0.001
2. ambil parameter η untuk semua nilai dalam interval 0.21 – 2.11 dengan jarak 0.01
3. dapatkan semua nilai pada persamaan (6) hingga (9)
4. gunakan persamaan (2) dengan variasi observasi dengan skala 1 dan 24 jam, akan dihasilkan nilai $\Omega_1(\lambda, E(C), E(X))$ dan $\Omega_2(\lambda, E(C), E(X))$
5. dapatkan nilai kovariansi historis dengan menggunakan persamaan (3) untuk data hujan 1 dan 24 jam berturut dengan notasi $Cov(Y_i^{(1)}, Y_{i+1}^{(1)})$ dan $Cov(Y_i^{(24)}, Y_{i+1}^{(24)})$
6. dapatkan kovarians observasi untuk data hujan 1, 24 jam dengan notasi secara berturut $S_{i,i+1}^{(1)}$ dan $S_{i,i+1}^{(24)}$
7. Dapatkan nilai fungsi objektif (O) dengan formula

$$O = \left(1 - \frac{Cov(Y_i^{(1)}, Y_{i+1}^{(1)})}{S_{i,i+1}^{(1)}} \right)^2 + \left(1 - \frac{Cov(Y_i^{(24)}, Y_{i+1}^{(24)})}{S_{i,i+1}^{(24)}} \right)^2$$

8. nilai estimasi untuk parameter $\hat{\beta}$ dan $\hat{\eta}$ adalah yang menyebabkan O yang paling minimum

9. pada nilai O yang minimum, ambil nilai $\Omega_1(\lambda, E(C), E(X))$ dan dapatkan nilai rata-rata hujan untuk skala 1 jam pada data sebenar dan dapatkan estimasi parameter $E(X)$ dengan formula

$$\hat{E}(X) = \frac{\Omega_1(\lambda, E(C), E(X))}{4\mu^{(1)}\hat{\eta}}$$

10. dapatkan estimasi parameter awal $\hat{E}(C)$ dengan menyelesaikan persamaan kuadrat berikut

$$(\hat{E}(C))^2 - \frac{4\Omega_2(\lambda, E(C), E(X))}{\Omega_1(\lambda, E(C), E(X))} \hat{E}(C) - 1 = 0, \text{ pilih nilai yang memenuhi } \hat{E}(C) > 0$$

11. dapatkan estimasi parameter $\hat{\lambda}$ dengan menggunakan rumus berikut

$$\hat{\lambda} = \frac{\Omega_1(\lambda, E(C), E(X))}{4\hat{E}(C)\hat{E}^2(X)}$$

Dari tahapan di atas, nilai awal untuk parameter η dan β secara berturutan adalah semua bilangan didalam interval (0.21, 2.11) dengan jarak 0.01 dan interval (0.01,0.2) dengan jarak 0.001. Oleh sebab itu pasangan nilai awal untuk kedua parameter di atas akan berjumlah 36481 pasangan parameter. Setiap pasangan nilai awal ini tentu saja akan menghasilkan nilai-nilai untuk persamaan (6) hingga (9) yang sama banyaknya seperti jumlah pasangan parameter di atas. Selanjutnya parameter NS yang terbaik adalah nilai yang menyebabkan nilai O seperti pada tahapan 7 menjadi paling minimum.

4. Hasil

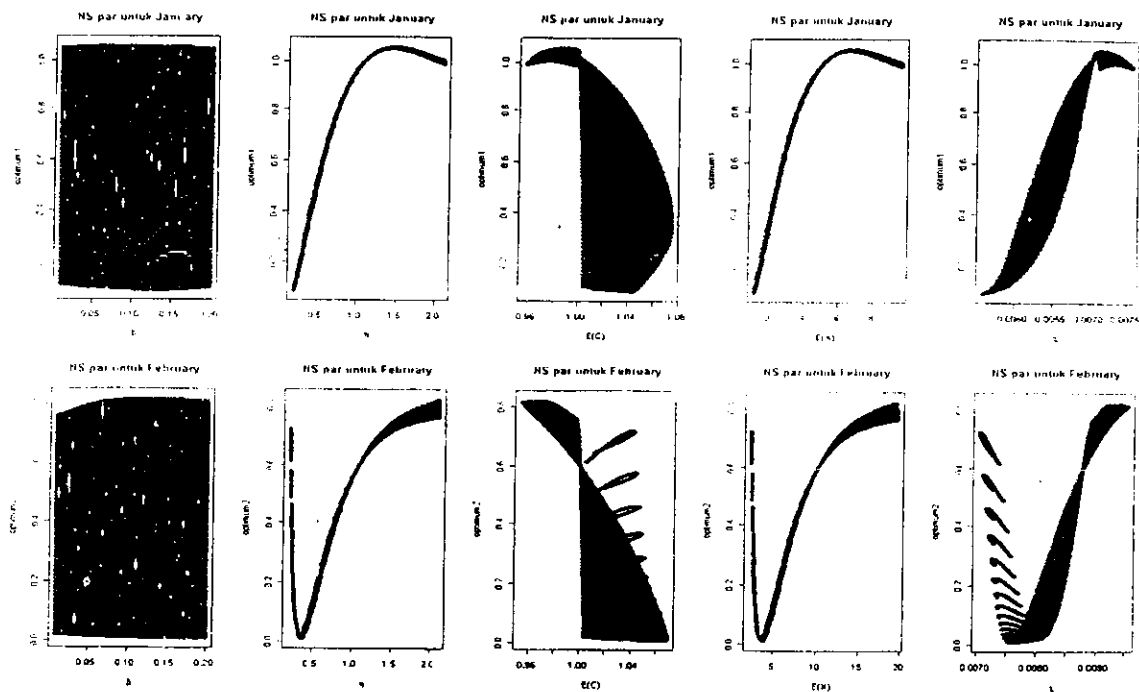
Data hujan setiap jam yang diperoleh dari stasiun hujan Alor Setar selama 38 tahun (1970-2008) akan digunakan pada penelitian ini. Nilai estimasi parameter NS untuk setiap pasangan nilai β dan η pada hujan yang terjadi pada bulan Januari dan Februari telah ditampilkan pada Gambar 1, sedangkan untuk hujan yang terjadi pada bulan Maret dan April turut ditampilkan pada Gambar 2. Dari kedua gambar yang ditampilkan, dapat dilihat bahwa pada sumbu X adalah nilai parameter NS yang mungkin sedangkan sumbu Y adalah nilai O. Penentuan nilai parameter yang terbaik dalam hal ini, adalah berdasarkan nilai O yang paling minimum. Tabel 1 turut ditampilkan untuk nilai parameter terbaik untuk hujan yang berlaku untuk setiap bulan, pada tabel tersebut nilai V dan W berturut-turut adalah $\Omega_1(\lambda, E(C), E(X))$ dan $\Omega_2(\lambda, E(C), E(X))$.

Dari tabel di atas dapat dilihat untuk hujan yang terjadi pada bulan Januari, pasangan nilai awal untuk parameter β dan η adalah 0.125 dan 0.21, kedua nilai ini dipilih karena pasangan nilai ini telah menghasilkan nilai O yang paling minimum. Untuk parameter lainnya dapat dihasilkan dengan menggunakan persamaan yang diberikan pada tahap 9 hingga 11.

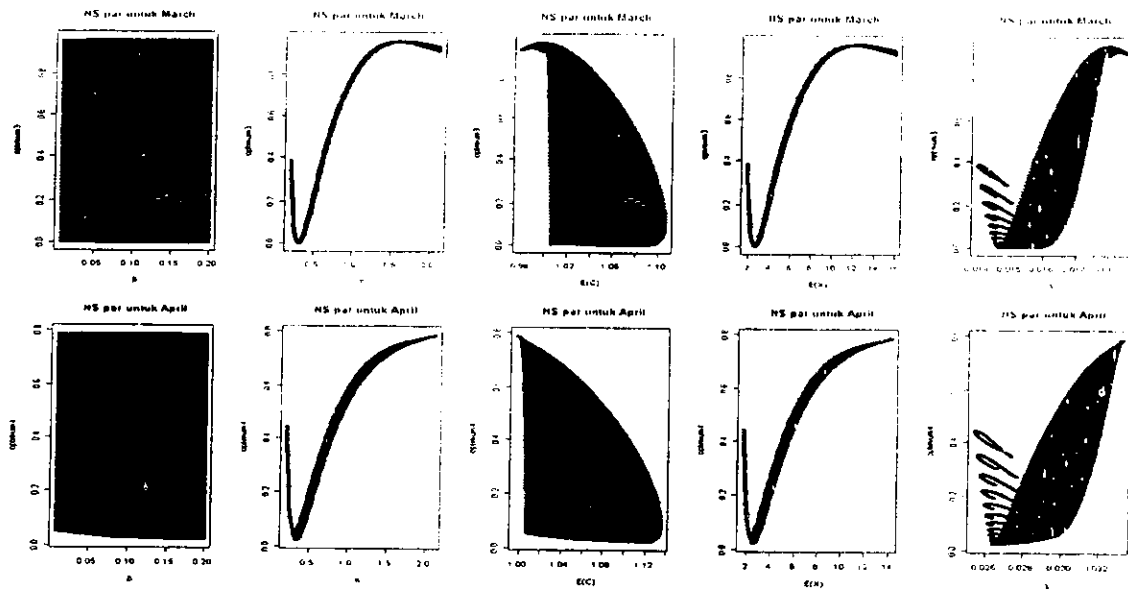
Tabel 1. Parameter NS, untuk stasiun hujan Alor Setar.

	β	η	E (C)	E (X)	λ	V	W	O
Januari	0.125	0.21	1.0450120	1.162	0.0055847	0.0315	0.0007	0.083
Februari	0.200	0.37	1.0686830	3.768	0.0075775	0.4599	0.0153	0.010
Maret	0.106	0.32	1.0637860	2.712	0.0150645	0.4716	0.0146	10^{-6}
April	0.200	0.35	1.1235420	2.624	0.0264891	0.8196	0.0478	0.024

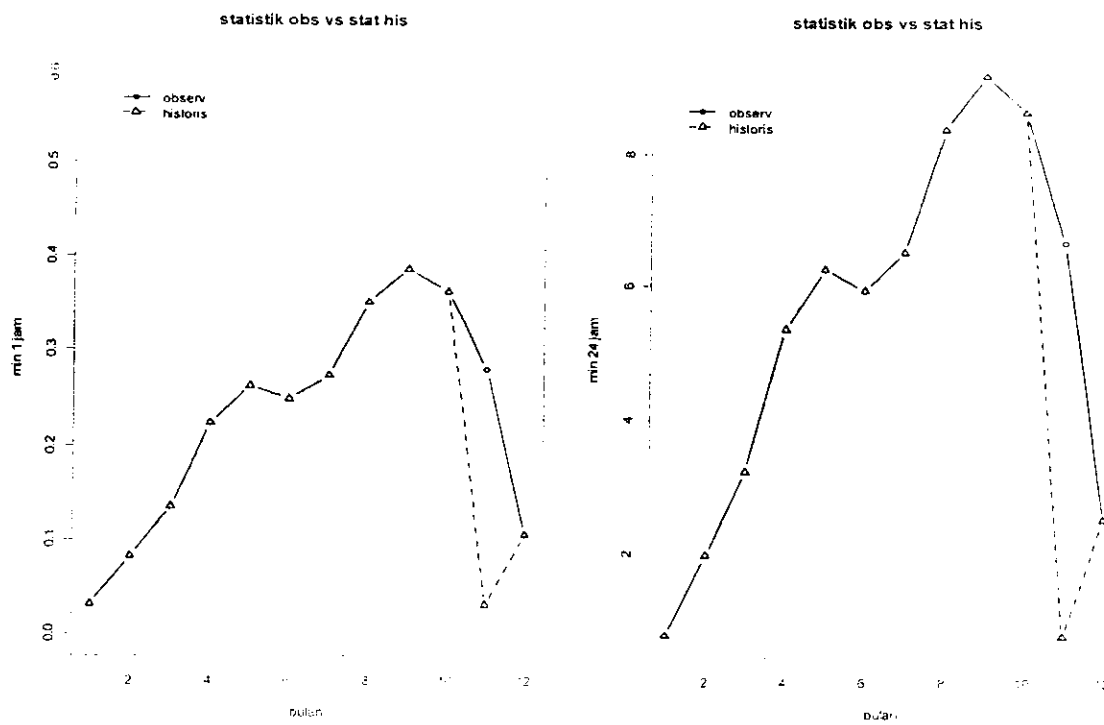
Mei	0.191	0.33	1.0996270	2.511	0.0312185	0.8658	0.0412	0.037
Juni	0.127	0.21	1.0418710	2.030	0.0245997	0.4224	0.0087	0.103
jul	0.134	0.22	1.0398940	2.148	0.0268235	0.5146	0.0101	0.101
Agustus	0.121	0.21	1.0316710	2.728	0.0261471	0.8030	0.0125	0.265
September	0.123	0.21	1.0437260	1.855	0.0418747	0.6017	0.0129	0.101
Oktober	0.133	0.22	1.0471750	1.925	0.0394852	0.6130	0.0141	0.104
November	0.154	0.26	1.0682520	2.029	0.0333995	0.5876	0.0194	0.069
Desember	0.142	0.24	1.0394090	1.622	0.0150854	0.1650	0.0032	0.031



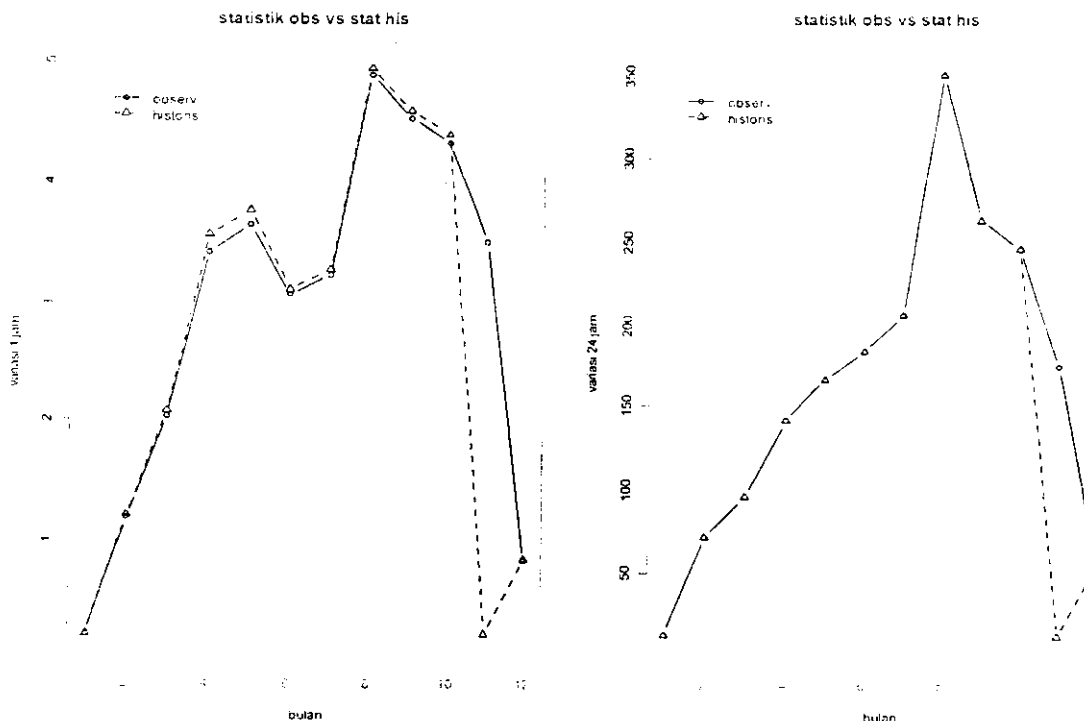
Gambar 2. Parameter NS untuk seluruh pasangan nilai parameter yang diberikan, pada hujan bulan Januari dan Februari



Gambar 3. Parameter NS untuk seluruh pasangan nilai parameter yang diberikan, pada hujan bulan Maret dan April



Gambar 4. Statistik observasi vs historis (rata-rata 1 dan 24 jam) untuk setiap bulan



Gambar 5. Statistik observasi vs historis (variasi 1 dan 24 jam) untuk setiap bulan

Selanjutnya parameter yang telah dihasilkan, seperti yang ditampilkan pada Tabel 1 akan digunakan untuk mengestimasi sifat fisik hujan. Dalam penelitian ini sifat fisik hujan yang adalah yang diwakilkan oleh statistik momen 1, 2, dan 3 atau nilai ini lebih dikenal dengan rata-rata, variasi, dan auto kovariansi lag 1. Nilai statistik momen yang dihasilkan melalui model NS yang dikenal sebagai statistik historis akan dibandingkan dengan statistik momen yang dihasilkan oleh data sebenarnya atau dikenal sebagai statistik observasi, kedekatan nilai untuk kedua statistik ini akan dijadikan sebagai patunjuk bahwa pemodelan hujan dengan menggunakan model NS telah berhasil dilakukan. Untuk memperlihatkan ketepatan parameter yang dihasilkan dalam penelitian ini, statistik momen untuk hujan dalam skala singkat (setiap jam) dan skala panjang (24 jam) observasi akan dibandingkan dengan statistik momen teori.

Gambar 4 pada penelitian ini ditampilkan untuk menunjukkan hasil perbandingan statistik observasi dan historis untuk statistik momen kesatu (rata-rata hujan 1 dan 24 jam). Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa, sebagian besar statistik momen observasi dan historis hampir sama untuk 12 bulan yang diteliti, tetapi masih terdapat sebagian kecil bulan tertentu yang gagal untuk diramalkan, seperti untuk hujan yang terjadi pada bulan November.

Gambar 5 turut ditampilkan untuk melihat ketepatan parameter yang dihasilkan dalam menghasilkan statistik momen 2 atau variasi hujan untuk skala 1 dan 24 jam. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa nilai statistik historis gagal dalam menghampiri nilai statistik observasi untuk hujan yang terjadi pada bulan November, dan keadaan ini juga terjadi pada statistik momen 1. Hal ini mungkin disebabkan hujan yang terjadi pada bulan tersebut banyak didominasi oleh hujan lebat, sehingga sangat memungkinkan pada bulan ini distribusi pada parameter kelebihan sel hujan perlu ditukar kepada distribusi Gamma dan Weibull. Kedua distribusi tersebut telah dikenal dengan baik mampu mengestimasi peristiwa-peristiwa ekstrim, seperti peristiwa terjadinya hujan dengan kelebihan yang sangat tinggi.

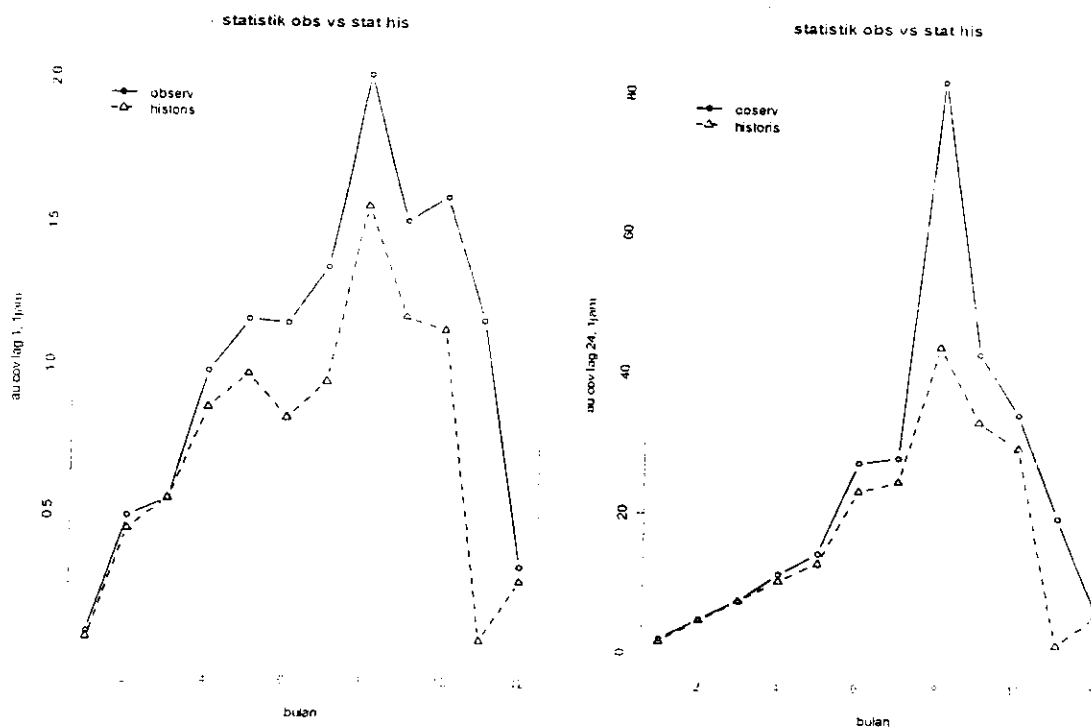
r
c
c
M
J
s
te
rr

5.

kc
da
dij
de
Pe
yai
dig
dig
1 d

6. F

[1]



Gambar 6. Statistik observasi vs historis (auto kovariansi lag 1, 1 dan 24 jam) untuk setiap bulan

Selanjutnya parameter NSRP yang telah dihasilkan akan diuji dalam kemampuan menghasilkan statistik historis untuk statistik momen 3 atau auto kovariansi lag 1. Gambar 6 turut ditampilkan untuk melihat perbandingan hasil statistik observasi dan statistik historis yang dihasilkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa untuk hujan dalam skala jam, model NSRP hanya berhasil mengestimasi statistik momen 3 untuk hujan yang berlaku pada bulan Januari hingga April, sedangkan model ini bertambah baik digunakan untuk mengestimasi statistik momen 3 dengan menggunakan data hujan pada skala 24 jam, dimana pada gambar tersebut dapat dilihat pada skala ini model NSRP dapat dengan baik mengestimasi statistik momen ini untuk hujan yang berlaku pada bulan Januari hingga Juli.

5. Kesimpulan

Secara keseluruhan parameter NSRP yang dihasilkan dengan menggunakan kaedah komputasi sederhana ini cukup berhasil dalam mengestimasi statistik momen yang digunakan dalam penelitian ini, meskipun masih terdapat pada bulan-bulan tertentu model ini gagal untuk dijalankan. Kegagalan ini tentu saja dapat diatasi dengan berbagai cara, diantaranya adalah dengan menukarkan distribusi kelebatan sel hujan kepada distribusi Gamma atau Weibull. Penggunaan data hujan dalam skala waktu diantara 1 dan 24 jam juga termasuk diantara cara yang bisa digunakan dalam memperbaiki model. Seterusnya hasil penelitian ini juga dapat digunakan sebagai nilai awal dalam menghasilkan parameter NSRP yang lebih baik dan dapat digunakan untuk mengestimasi sifat fisik hujan lainnya seperti peluang hujan untuk skala waktu 1 dan 24 jam.

6. Referensi

- [1] Calenda, G., Napolitano, F., 1999. Parameter estimation of Neyman-Scott process for temporal point rainfall simulation. *Journal of Hydrology* 225, 45-66.

- [2] Cowpertwait, 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.
- [3] Cowpertwait, P.S.P., 1994. A generalized point process model for rainfall. *Proc. Roy. Soc. London A* 447: 23-37
- [4] Cowpertwait, P.S.P., O'Connell, P.E., Metcalfe, A.V., Mawdsley, J.A., 1996a. Stochastic point process modeling of rainfall. I. Single site fitting and validation. *J. Hydrol.* 175, 17-46
- [5] Cowpertwait, P.S.P., O'Connell, P.E., Metcalfe, A.V., Mawdsley, J.A., 1996b. Stochastic point process modeling of rainfall. II. Regionalisation and disaggregation. *J. Hydrol.* 175, 47-65
- [6] Cowpertwait, P.S.P., 1998. A poisson-cluster model of rainfall: some high-order moments and extreme values. *Proc. R. Lond. A* 454, 885-898
- [7] Entekhabi, 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.
- [8] 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.
- [9] 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
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] Smith, J.A., Karr, A.F., 1985. Statistical inference for point process of rainfall. *Water Resour. Res.* 21 (1), 73-79.
- [13] Smith, J.A., Karr, A.F., 1985. Parameter estimation for a model of space-time rainfall. *Water Resour. Res.* 21 (8), 1251-1257
- [14] Velghe, T., Troch, P.A., De Troch, F.P., Van de Velde, J., 1994. Evaluation of cluster-based rectangular pulses point process model for rainfall. *Water Resour. Res.* 30 (10), 2847-2857.

F
r
s
t
b
ti
a
(i
(i
bi
ar
sc
fa

Ke
4.

jar
pa
ba
du
se
yar
har
sec
Bia