Jurnal Teknik Sipil
Universitas Syiah Kuala

ISSN 2088-9321
pp. 71- 80

RANCANGAN DISTRIBUSI WAKTU CURAH HUJAN MENGGUNAKAN METODE MOMEN PROBABILITAS DAN BLOK PUNCAK

Masimin

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111, Email: masimin_mas@yahoo.com

Abstract: *Study on rainfall design was conducted by using a time base – annual daily maximum rainfall. A preliminary test was applied to the data set for independency and homogeneity and also for outliers. The probability weighted moments (PWM) was used as a method in frequency analysis and the result was used to define a temporal hourly rainfall distribution. The identification for data distribution showed that the data set tended to follow the Lognormal (LN) and Generalized Extreme Values (GEV) distributions. By using a Peak Block method, a 24 hours of rainfall duration scale consisted of two-sequence rainfall events that the first rainfall peak was reached on the 4th hours and the second rainfall peak was on the 18th hours. The structure of this temporal rainfall distribution, more over, can be used as an input data for the work of flood modelling.*

Keywords *: temporal distribution, probability weighted moments, peak block*

Abstrak: Studi perancangan curah hujan dilakukan dengan menggunakan data *'time base'* curah hujan harian maksimum tahunan. Pengujian awal data dilakukan untuk uji independensi, homogeneitas dan data luar *(outliers)*. Metode *'probability weighted moments'* (PWM) diterapkan dalam analisa frekuensi dan hasilnya digunakan untuk menentukan distribusi waktu curah hujan jam-jaman. Identifikasi distribusi menunjukkan bahwa data set cenderung cocok untuk mengikuti distribusi Lognormal (LN) dan distribusi 'Generalized Extreme Values' (GEV). Dengan menggunakan metode *'Peak Block'* , selama 24 jam terjadi dua hujan yang berurutan dengan puncak hujan pertama dicapai pada jam ke 4 dan puncak hujan kedua terjadi pada jam ke 18. Struktur distribusi waktu curah hujan ini selanjutnya dapat digunakan sebagai data masukan pada kegiatan pemodelan banjir.

Kata kunci : distribusi waktu, momen probabilitas, blok puncak

Salah satu komponen pada pengembangan sumber daya air adalah perilaku banjir, yang bukan saja identifikasi besarnya puncak banjir akan tetapi juga waktu puncak dan bentuk hidrografnya. Sesuai anggapan bahwa hujan maksimum akan memproduksi banjir maksimum, maka distribusi waktu curah hujan yang menunjukkan variabilitas curah hujan perlu diadopsi dalam desain curah hujan rancangan. Hasil rancangan ini dimaksudkan untuk menyediakan data masukan yang lebih realistik pada pemodelan hujan-limpasan (*rainfall-runoff model*).

Dalam studi ini, data curah hujan harian maksimum tahunan dari Sta.107C Blang Bintang diambil sebagai data olahan. Panjang pencatatan data adalah 28 tahun (1972-1999) dan secara statistik data tersebut layak untuk digunakan. Sebelum dianalisa, maka data perlu dilakukan uji statistik untuk mengetahui independensi dan homogeneitas data serta kemungkinan adanya data luar (*outliers*).

Metode diagram rasio parameter statistik dengan berbagai jenis distribusi digunakan untuk identifikasi jenis distribusi statistik yang paling cocok, sedangkan analisa frekuensi curah hujan digunakan metode *'probability weighted moments'* (PWM). Pemilihan metode PWM didasarkan pada hasil yang dicapai relatif lebih baik, perhitungannya mudah dan dapat mengadopsi pencatatan data pendek. Hasil dari analisa frekuensi dengan memakai skala durasi 24 jam tipe *'time base'* ini digunakan untuk menentukan distribusi waktu curah hujan dengan mengambil segmen waktu jam-jaman. Dalam menentukan distribusi waktu hujan, digunakan metode blok puncak (*peak block*). Metode ini menghasilkan nilai yang relatif realistis dibandingkan dengan hasil dari metode lainnya seperti bentuk nilai konstan atau bentuk segitiga.

Hasil studi menunjukkan bahwa data lulus uji statistik dan layak untuk dianalisa. Data set cenderung untuk mengikuti distribusi LN dan GEV. Curah hujan durasi 24 jam terbentuk oleh dua kejadian hujan yang berurutan, sehingga diperoleh dua buah puncak hujan yang terjadi pada jam ke 4 dan ke 18. Struktur curah hujan distribusi waktu selanjutnya dapat digunakan untuk data masukan pada pemodelan banjir.

DASAR PERTIMBANGAN TEORI

Analisa Statistik

Maksud dari analisa statistik adalah untuk mendapatkan deskripsi matematik dari data hasil observasi sebagai sebuah kumpulan angka-angka melalui karakteristik parameternya. Banyak parameter statistik akan tetapi hanya perlu ditampilkan parameter statistik yang terkait dan digunakan dalam analisa (Haan, 1977). Parameter dimaksud adalah nilai tengah ($\overline{R}$), varian (s^2), standar deviasi (S_d), koefisien variasi (C_v), koefisien kemencengan (C_s) dan koefisien kurtosis (C_k). Dalam analisa statistik terda-pat tiga tahapan, yaitu: (a) metode analisa, (b) pemilihan distribusi data dan (c) estimasi parameter dan kuantil. Rao dan Hamed (2000) menyatakan ada tiga dari sekian banyak metode yang dapat digunakan dalam analisa frekuensi, yaitu metode momen biasa (MOM), metode maksimum likelihood (MLM) dan metode *'probability weighted moments'* (PWM). Metode PWM memberikan estimasi parameter yang sebanding dengan yang diberikan oleh metode MLM, belum lagi pada beberapa kasus prosedur estimasi metode PWM kurang begitu rumit dan perhitungannya lebih simpel (Greenwood *et al.*, 1979).

Metode PWM

Pada metode PWM, variabel M_{prs} diusulkan oleh Greenwood *et al.,* (1979) merupakan hubungan seperti dituliskan pada Rumus (1), dimana F adalah distribusi kumulatif dan yang terdapat dua buah momen seperti pada Rumus (2) dan (3).

$$\begin{aligned} M_{p,r,s} &= E\{[x(F)]^p F^r (1-F)^s\} \\ &= \int_0 \{x(F)\}^p (1-F)^s \, dF \end{aligned} \quad (1)$$

$$M_{1,0,s} = \alpha_s = \int_0^1 x(F)(1-F)^s\, dF \qquad (2)$$

$$M_{1,r,0} = \beta_r = \int_0^1 x(F)F^r\, dF \qquad (3)$$

Kedua α_s dan β_r adalah linear terhadap x dan biasanya cukup relevan untuk estimasi parameter. Hubungan antara α_s dan β_r adalah seperti pada Rumus (4) dan (5).

$$\alpha_s = \sum_{k=0}^{s} \binom{s}{k} (-1)^k \beta_k \qquad (4)$$

$$\beta_r = \sum_{k=0}^{r} \binom{r}{k} (-1)^k \alpha_k \qquad (5)$$

Parameter *L*-momen λ_{r+1} diperkenalkan oleh Hosking *et al.* (1985) dan Hosking (1990) dengan membuat fungsi linear PWM's. Disini lebih nyaman untuk menggunakan PWM's kerena memberikan interprestasi langsung terhadap besaran skala dan bentuk distribusi probabilitasnya. Dalam terminologi PWM's, α_s dan β_r dapat ditentukan dengan menggunakan Rumus (6).

$$\begin{aligned} \lambda_{r+1} &= (1^r)\sum_{k=0}^{r} p^*_{r,k}\alpha_k \\ &= \sum_{k=0}^{r} p^*_{r,k}\beta_k \end{aligned} \qquad (6)$$

dengan, $p^*_{r,k} = (-1)^{r-k}\binom{r}{k}\binom{r+k}{k}$ (7)

Menurut Hosking dan Wallis, (1987a), maka untuk besaran nilai sampel yang diketahui $x_i \le \ldots \le x_n, n > r,$ dan nilai $n > s$ maka nilai sampel tak bias PWM's dapat dihitung dengan menggunakan Rumus (8) dan (9).

$$a_s = \tfrac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \binom{n-i}{s} x_i \Big/ \binom{n-1}{s} \qquad (8)$$

$$b_r = \tfrac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \binom{i-1}{r} x_i \Big/ \binom{n-1}{r} \qquad (9)$$

Alternatif lain yang konsisten dan tak bias, posisi plot nilai estimasi dapat diperoleh dengan menggunakan Rumus (10) dan (11).

$$a_s = \hat{\alpha}_s = \tfrac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (1-P_{i:n})^s x_i \qquad (10)$$

$$b_r = \beta_r = \tfrac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} P^r_{i:n} x_i \qquad (11)$$

dengan $P_{i:n}$ adalah posisi plot. Penggunaan $P_{i:n} = (i - 0.35)/n$ biasanya dapat memberikan estimasi parameter dan kuantil untuk distribusi general nilai ekstrim seperti distribusi GEV (Hosking *et al.,* 1985), *General Pareto* (Hosking and Wallis, 1987a), dan distribusi *Wakeby* (Lattenmeir *et al.*, 1987). Walaupun demikian Hosking dan Wallis (1993) menyarankan untuk menggunakan posisi plot estimasi ketika menggunakan distribusi *Wakeby* dalam mengestimasi bagian ekstrim ekor kuantil dalam analisa frekuensi regional dan untuk menggunakan estimasi tak bias dibawah semua kondisi. Sampel *L*-momen (l_r) dapat dihitung dengan menggunakan Rumus (12) dengan mengganti parameter α_s atau β_r dengan estimasi sampel a_s dan b_r dari Rumus (10) dan (11). Nilia rasio *L*-momen yang analog dengan rasio momen konfensional seperti ditentukan oleh Hosking *et al.* (1985) dand Hosking (1990) dalam Rumus (2.7).

$$\tau = \lambda_2 / \lambda_1 \text{ dan } \tau_r = \lambda_r / \lambda_2 ; r \ge 3 \qquad (12)$$

dengan λ_1 = lokasi terukur; τ = skala terukur dan dispersi (L-C_v); τ_3 = kemencengan terukur (L-C_s); and τ_4 = kurtosis terukur (L-C_k). Sampel rasio L-momen disimbulkan dengan t dan t_r dapat dihitung dengan menggunakan Rumus (12), dengan memasukkan estimasi sampel l_r untuk nilai populasi λ_r. Rasio L-momen ini menawarkan cara yang mudah untuk identifikasi data, khususnya untuk distribusi yang menceng (Hosking, 1990).

Struktur distribusi waktu curah hujan

Sebuah anggapan bahwa bentuk segitiga pada distribusi waktu baik menceng positif, simetris atau negatif adalah sebuah kemungkinan untuk kerangka distribusi curah hujan (Hromadka *et al.*, 1987). Sebuah studi untuk mengakomodasi bukan saja karakteristik puncak hujan tetapi juga untuk mengetahui volume air dilaksanakan oleh beberapa peneliti (Peyron *et al.*, 2004). Salah satu studi dilakukan untuk hujan 1-jam dengan menentukan volume puncak berdasarkan waktu puncak 25-menit sebagai pusat total durasi untuk 15 menit dan volume sisanya didistribusikan pada bagian awal dan akhir secara merata (Peyron *et al.*, 2004).

Struktur dari distribusi waktu curah hujan terdiri dari tiga blok; AB, PB and RB dengan kemungkinannya terdiri dari dua blok jika waktu puncak terlalu pendek atau terlalu panjang dan juga kalau ukuran PB adalah terlalu besar. Sebagai contoh struktur curah hujan yang terdiri dari total durasi = 12x5-menit, waktu puncak = 5x5-menit, AB = 4x5-menit, PB = 3x5-menit dan RB = 5x5-menit seperti yang dilakukan oleh Peyron *et al*. (2005).

Ukuran besarnya PB ditentukan berdasarkan nilai koefisien variasi (*Cv*) yang merupakan rasio antara nilai varian (σ) dan nilai tengah (μ). Nilai μ merupakan skala untuk mendapatkan nilai maksimum dari *pdf* yang lokasinya ditengah lengkung distribusi. Untuk sampel data, ukuran PB dapat ditentukan menurut Rumus (13a) dengan S dan $\overline{R}$ adalah nilai standar deviasi dan nilai tengah. Waktu puncak dicari berdasarkan lokasi nilai tengah setelah data disortir dari kecil ke besar seperti pada Rumus (13b) dimana $m_{\overline{R}}$ adalah lokasi nilai tengah dan N adalah jumlah data.

$PB = S / \overline{R}$ (13a) dan $t_p = m_{\overline{R}} / N$ (13b)

Untuk curah hujan yang mempunyai durasi panjang dan merupakan multiple hujan maka perlu dipecahkan menjadi beberapa curah hujan karena desain curah hujan diarahkan pada curah hujan tunggal.

METODOLOGI

Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data hujan harian maksimum tahunan yang merupakan data hasil pencatatan selama 28 tahun (1972-1999) dari Sta.107C Blang Bintang, Banda Aceh. Data tersebut merupakan data 'time base' yaitu data yang dicatat pada jam tertentu setiap harinya.

Metode Uji Data

Uji kebebasan data

Uji ini menggunakan metode Wald-Wolfowitz atau Tes-WW (Kanji, 1995). Uji independensi melihat kalau terjadi kecenderungan didalam set data tersebut. Untuk sebuat set data $x_1, x_2. ....x_N$, nilai statistik *R* dihitung dengan Rumus (14).

$$R = \sum_{i=1}^{N-1} x_i x_{i+1} + x_1 x_N \quad (14)$$

Apabila elemen dari set data adalah bebas, *R* akan mengikuti distribusi normal dengan nilai tengah dan varian seperti yang diberikan pada Rumus (15) dan (16).

$$\overline{R} = (s_1^2 - s_2)/(N-1) \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \mathrm{var}(R) &= \{(s_2^2 - s_4)/(N-1)\} - \overline{R}^2 \\ &+ [(s_1^4 - 4s_1^2 s_2 + 4s_1 s_3 + s_2^2 \\ &- 2s_4);\{(N-1)(N-2)\}] \end{aligned} \quad (16)$$

dimana $s_r = Nm_r^{'}$ dan $m_r^{'}$ adalah nilai momen ke r^{th} dari sampel terhadap nilai awal. Nilai statistik *u* didekati dengan distribusi normal dengan nilai tengah sama dengan nol dan varian sama dengan satu dan digunakan untuk uji hipotesis kebebasan pada tingkat signifikan α , dengan membandingkan nilai statistik *u* dengan standar normal $u_{\alpha/2}$ sesuai dengan probabilitas eksidensi $\alpha/2$. Nilai statistik *u* dihitung dengan Rumus (17) dimana pendekatan distribusi normal untuk nilai tengah sama dengan nol dan varian sama dengan satu. Nilai statistik *u* perlu dibandingkan dengan nilai krikik pada tingkat 5% signifikan dari tabel statistik.

$$u = (R - \overline{R})/(\mathrm{var}(R))^{1/2} \quad (17)$$

Uji homogeneitas data

Dalam uji ini dua buah sampel ukuran *p* dan *q* dengan $p \le q$ dibandingkan. Kombinasi set dua data $N = p + q$ di urut dari nilai kecil ke besar. Menurut Kanji (1995), Mann and Whitney pada tahun 1947 memperkenalkan cara uji-MW dengan memperhitungkan jumlah *V* dan *W* seperti pada Rumus (18) dan (19).

$$V = R - \{p(p+1)\}/2 \quad (18)$$

$$W = pq - V \quad (19)$$

dengan, *R* adalah jumlah dari elemen sampel pertama ukuran *p* dalam kombinasi sampel *N*, dan *V* srta *W* dihitung berdasarkan *R*, *p*, dan *q*. Nilai statistik *U* dari uji MW dipilih nilai terkecil antara *V* dan *W*. Jika $N > 20$ dan $p, q > 3$, dan dibawah hipotesa nol bahwa dua sampel berasal dari satu populasi, nilai *U* adalah mengikuti distribusi normal dengan nilai tengah $\overline{U} = (pq/2)$ dan varian $\mathrm{var}(U)$ seperti ditunjukkan pada Rumus (20),

$$\begin{aligned} \mathrm{var}(U) &= [pq/\{N(N-1)\}]* \\ &\{(N^3 - N)/12 - \sum T] \end{aligned} \quad (20)$$

dengan $T = (J^3\text{-}J)/12$ dan *J* adalah jumlah observasi terkait pada urutan rangking. *T* adalah penjumlahan semua grup terkait dengan observasi kedua sampel ukuran *p* dan *q*. Nilai *statistik-u* digunakan untuk menguji hipotesa homogeneitas pada tingkat signifikan α dengan membandingkannya pada standar normal varian. Nilai *statistik-u* ini dihitung dengan Rumus (21) dan hasilnya perlu dibandingkan dengan nilai kritik yang diambil dari tabel. Apabila nilai *statistik-u* lebih kecil dari nilai kritik maka hasil uji dapat diterima.

$$u = (U - \overline{U}) / [\mathrm{var}(U)]^{1/2} \qquad (21)$$

Uji data luar

Hadirnya data luar dalam set data dapat membuat kesukaran ketika menentukan jenis distribusinya. Kedua jenis data luar baik kecil maupun besar akan membuat efek yang berbeda dalam analisa. Uji Grubbs dan Beck (Uji-GB) dapat digunakan untuk mendeteksi data luar tersebut. Dalam uji ini, nilai x_H dan x_L dihitungan dengan menggunakan Rumus (22) dimana x_H dan x_L adalah nilai batas atas dan bawah.

$$x_H = \exp(\bar{x} \pm k_N S) \qquad (22)$$

dengan $\bar{x}$ dan S adalah nilai tengah dan standar deviasi dari nilai logaritma natural dari sampel. Untuk jumlah sampel N, nilai k_N dapat ditentukan dengan Rumus (23).

$$\begin{aligned} k_N &= -3.62201 + 6.28446N^{1/4} \\ &\quad - 2.49835N^{1/2} + 0.491436N^{3/4} \\ &\quad - 0.037911N \end{aligned} \qquad (23)$$

Identifikasi Distribusi Data

Distribusi statistik dapat ditentukan dengan menggunakan metode diagram parameter momen statistik (MPD's) akan tetapi hal ini dapat didapatkan dengan mudah apabila menggunakan diagram rasio parameter *L*-momen khusunya kalau distribusinya menceng. Nilai hubungan untuk membentuk diagram rasio *L*-momen diberikan oleh Rao dan Hamed (2000) dimana τ_4 dan τ_3 diganti dengan *L*-Ck dan *L*-Cv.

Analisa Frekuensi

Terdapat banyak distribusi statistik yang cocok untuk data hujan dan hanya distribusi yang akan digunakan maka disajikan disini dengan cara analisanya menggunakan metode PWM's. Identifikasi dan pemilihan distribusi statistik dilakukan dengan menggunakan metode diagram rasio *L*-momen. Distribusi tersebut adalah LN dan GEV yang struktur distribusinya memperlihatkan estimasi parameter dan kuantil yang disajikan secara singkat pada bagian berikut.

Distribusi LN

Probabilitas fungsi kerapatan (*pdf*) dari distribusi LN diberikan seperti pada Rumus (24) seperti dikemukakan oleh Evans *et al.*. (2000); Balakrishnan dan Nevzorov (2003).

$$f(x) = 1/(x\sigma_y\sqrt{2\pi})\exp\left\{-(\log x - \mu_y)^2 / 2\sigma_y^2\right\} \qquad (24)$$

dimana μ_y dan σ_y adalah nilai tengah dan standar deviasi dari logaritma natural dari x. Besarnya nilai μ_y dan σ_y didapat masing-masing dengan Rumus (25) dan (26).

$$\hat{\sigma}_y = 2erf^{-1}(l_2 / l_1) = 2erf^{-1}(t) \qquad (25)$$

$$\hat{\mu}_y = \log l_1 - (\hat{\sigma}_y^2 / 2) \qquad (26)$$

dimana $erf^{1}(t)$ didapat dari Rumus (27) dengan $F(.)$ adalah fungsi distribusi normal sebagai $F = (t+1)/2$.

$$erf(x) = 2F(x\sqrt{2}) - 1 \qquad (27)$$

Estimasi nilai kuantil didapat dengan menggunakan Rumus (28), dimana nilai u didapat dari Rumus (29) dengan P adalah nilai probabilitas, c dan d adalah konstanta serta $\varepsilon(P)$ adalah kesalahan sebesar 0.0045 (Rao dan Hamed, 2000).

$$\log \hat{x}_T = \hat{\mu}_y + u\hat{\sigma}_y \qquad (28)$$

$$u = \sqrt{-2\log P} - \left\{ \frac{c_0 + c_1 w + c_2 w^2}{d_1 w + d_2 w^2 + d_3 w^3} \right\} \_ \varepsilon(P) \quad (29)$$

Distribusi GEV

Distribusi GEV adalah untuk identifikasi distribusi frekuensi nilai terbesar dari data meteorologi ketika bentuk terbatas nilai distribusi ekstrim tidak diketahui. Bentuk distibusi fungsi GEV diperlihatkan seperti pada Rumus (30) untuk $0 \leq x$ dengan $\lambda > 0$ dan $r > 0$ (Kottegoda dan Rosso, 1997; Burn, 1990; Martins dan Stedinger, 2000).

$$F(x_{\max}) = \exp[-\{1 - k((x-\varepsilon)/\alpha)\}^{1/k}] \quad (30)$$

dimana α sebagai parameter skala, ε sebagai parameter lokasi, dan k adalah parameter bentuk. Estimasi parameter PWM's (Hosking *et al.* 1985) untuk distribusi GEV adalah dalam bentuk seperti pada Rumus (31). Nilai parameter k didapat dari $\hat{\alpha}$ dan $\hat{\mu}$ yang dihitung dengan Rumus (34) dimana b_0, b_1, b_2 adalah estimasi sampel $\beta_0, \beta_1, \beta_2$. Besarnya nilai parameter k didapat dari Rumus (32) dengan $C = (2/(3+t_3)-0.6309$ (Sveinsson *et al.*, 2002).

$$\beta_r = (r+1)^{-1}[u + (\alpha/\hat{k})\{1 - (r+1)^{-\hat{k}}\Gamma(1+\hat{k})\}] \quad (31)$$

$$\hat{k} = 7.8590C + 2.9954C^2 \quad (32)$$

$$\hat{\alpha} = l_2\hat{k}/[\Gamma(1+\hat{k})(1-2^{-\hat{k}})] \quad (33)$$

$$\hat{u} = l_1 + (\hat{\alpha}/\hat{k})\{\Gamma(1+\hat{k}) - 1\} \quad (34)$$

Dengan memasukkan nilai ($F = 1 - 1/T$) dimana T adalah periode ulang, besarnya kuantil curah hujan untuk periode ulang T-tahun dapat diperoleh dengan menggunakan Rumus (35).

$$\hat{x}_T = \hat{u} + (\hat{\alpha}/\hat{k})[1 - \{-\log(1-(1/T))\}^{\hat{k}}] \quad (35)$$

Distribusi Waktu Curah Hujan

Durasi waktu hujan standar yaitu 24 jam dengan tipe data 'time base' digunakan dalam penelitian ini. Durasi hujan 24 jam ini akan didistribusikan menjadi hujan jam-jaman. Pendistribusian waktu hujan dipilih metode blok puncak dengan penjelasan bahwa dalam satu hari derjadi dua kali hujan dengan komposisi waktu hujan pertama 54% dan hujan kedua 46%. Jumlah volume hujan adalah 60% untuk hujan pertama dan 40% untuk hujan kedua (Masimin, 2008).

Distribusi besarnya volume hujan mulai dari jam ke-1 hingga ke-24 adalah sebagai berikut: (#1, 2.89%), (#2, 3.87%), (#3, 6.68%), (#4, 19.49%), (#5, 34%), (#6, 3.54%), (#7, 2.79%), (#8-13, 2.70%), (#14-#16, 1.90%), (#17, 4.90%), (#18, 14.27%), (#19, 4.05%), (#20, 2.48%), dan (#21-#24, 1.90%).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Data Curah Hujan

Uji data curah hujan dilakukan untuk uji indenpendensi, homogeneitas dan adanya data luar (*outliers*). Perhitungan uji kebebasan dipakai Rumus (14) hingga (17), uji homogeneitas digunakan Rumus (18) hingga (21) dan uji adanya data luar digunakan Rumus (22) dan (23).

Hasil uji data curah hujan menyatakan bahwa data layak untuk dianalisa. Rangkuman hasil uji adalah seperti berikut:

(1) Uji kebebasan:

$u_{tes} = 0.42 < u_{kritik\ (0.025)} = 1.96$

(2) Uji keseragaman:

$u_{tes} = 0.55 < u_{kritik\ (0.025)} = 1.96$

(3) Uji data luar :

$X_L = 73 < X_{min} = 86$, dan

$X_{mak} = 195 < X_H = 209$

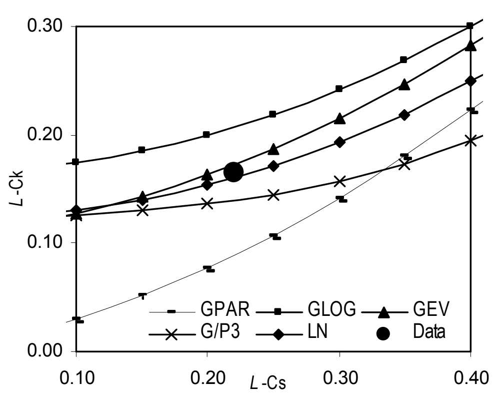
Penentuan Distribusi Data Curah Hujan

Dengan menggunakan metode PWM, yaitu pemakaian Rumus (1) hingga (12) diperoleh besarnya nilai parameter statistik seperti beikur:

(a) $l_1 = 126.21$; $l_2 = 15.39$; $l_3 = 3.38$ dan $l_4 = 1.52$;

(b) L-$C_v = 0.12$; L-$C_s = 0.22$ dan L-$C_k = 0.16$

Nilai L-C_s dan L-C_k di plot bersama dengan kurva rasio parameter lima jenis distribusi yang hasilnya diperlihatkan seperti pada Gambar 1. Dari Gambar 1 terlihat bahwa distribusi statistik yang paling dekat dengan data yang tersedia adalah distribusi LN dan GEV, sehingga analisa frekuensi data menggunakan metode LN-PWM dan GEV-PWM.



Gambar 1: Identifikasi distribusi data

Analisa Frekuensi Data Curah Hujan

Analisa frekuensi terhadap data curah hujan dilakukan dengan menggunakan dua metode LN-PWM dan GEV-PWM, karena kedua distribusi statistik tersebut dinilai paling cocok terhadap data yang tersedia. Analisa LN-PWM menggunakan Rumus (25) hingga (29), sedangkan analisa GEV-PWM menggunakan Rumus (30) hingga (34).

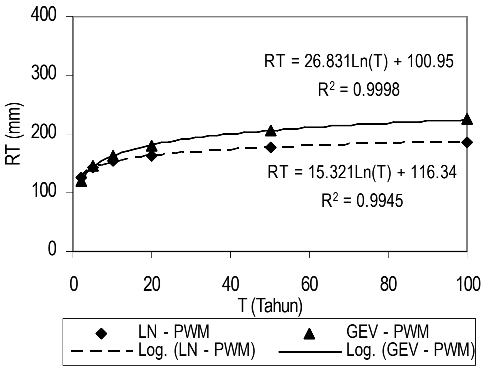
Periode ulang kejadian hujan dalam analisa ini dipilih untuk periode ulang 2-, 5-, 10-, 20-, 50- dan 100-tahun. Hasil yang didapat dari kedua metode analisa tersebut adalah seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1: Curah hujan rencangan R_T^{24} (mm)

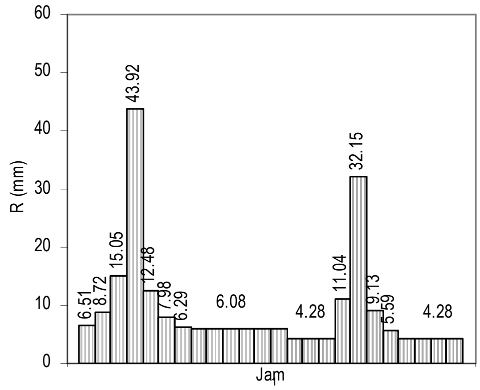
T (th)	LN-PWM	GEV-PWM
2	124.61	119.68
5	142.16	144.68
10	153.26	162.48
20	163.47	180.54
50	176.15	205.45
100	185.32	225.33

Gambar 2 memperlihatkan plot data yang menunjukkan bahwa nilai curah hujan rancangan metode GEV-PWM memberikan nilai lebih tinggi dibandingkan dengan nilai hujan rancangan hasil metode LN-PWM khususnya untuk T > 3-tahun. Hal ini dapat diterima karena distribusi GEV adalah untuk penanganan data dengan analisa ekstrim (*extreme analysis*).

Pemilihan distribusi statistik yang akan digunakan bersifat subjektif yaitu tergantung pada kebijakan dan lokasi pekerjaan. Untuk pekerjaan yang mempunyai resiko tinggi seperti padat penduduk dan nilai properti didalamnya, maka lebih baik digunakan distribusi statistik GEV.



Gambar 2: Curah hujan rancangan R_T^{24}



Gambar 3: Distribusi R_{100}^{24} = 225.33 mm

Distribusi Waktu Hujan

Distribusi waktu hujan data tipe *'time base'* 24-jam untuk dibuat curah hujan jam-jaman dengan persentasenya meng-adopsi usulan Masimin (2008) dengan skala 30-menit diubah menjadi jam-jaman. Untuk curah hujan R_{100}^{24} = 225.33 mm hasil analisa GEV-PWM, distribusi waktu hujan dan besarannya disajikan pada Gambar 3.

Gambar 3 memperlihatkan bahwa dalam durasi 24 jam terjadi dua kali hujan, hujan pertama selama 13 jam dan hujan kedua 11 jam. Puncak hujan pertama terjadi pada jam ke-4 dihitung dari mulai awal hujan, sedang-kan puncak hujan kedua terjadi pada jam ke-18.

Besaran puncak hujan pertama (43.92 mm) terjadi lebih besar dibanding dengan puncak hujan kedua (32.15 mm). Skema distribusi waktu hujan untuk durasi 24 jam (225.33 mm) adalah sebagai berikut: PA_1 = 0 jam (0 mm), PB_1 = 7 jam (94.66 mm), PR_1 = 6 jam (42.79 mm), PA_2 = 3 jam (12.84 mm), PB_2 = 4 jam (57.91 mm) dan PR_2 = 4 jam (17.13 mm).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Kesimpulan dari studi ini adalah berikut:

(1) Data berasal dari satu famili, inde-penden dan tidak dijumpai *outliers*.

(2) Data set cenderung mengikuti distribuasi LN dan GEV.

(3) Disarankan untuk menggunakan distribusi GEV daripada LN untuk kawasan beresiko tinggi seperti padat penduduk dan nilai properti yang tinggi.

(4) Dua hujan berurutan terjadi selama 24 jam dengan waktu puncak hujan pertama terjasi pada jam ke 4 dan hujan kedua pada jam ke 18.

(5) Metode blok puncak mendapatkan waktu puncak yang relatif lebih pendek yang berarti intensitas hujan lebih besar diwaktu awal..

S a r a n

Saran yang dapat diberikan adalah:

(1) Studi lanjutan perlu mengadopsi vari-abilitas spasial data dan pergerakan massa hujan *(rainfall transports)*.

(2) Perlu analisa regional homogeneitas dan faktor reduksi dalam analisa curah hujan kawasan *(areal rainfall)*.

DAFTAR PUSTAKA

Balakrishnan, N. dan Nevzorov, V.B. (2003). *A Primer on Statistical Distri-butions,*: Wiley-Interscience, N. Jersey

Burn, D.H. (1990). Evaluation of Flood Frequency Analysis with a Region of Influence Approach. *Water Resources Research*. 26(10), 2257-2265.

Evans M., Hastings, N. dan Peacock, B. (2000). *Statistical Distribution.* New York: Wiley-Interscience.

Greenwood, J.A., Landwehr, J.M., Matalas, N.C. dan Wallis, J.R. (1979). Proba-bility Weighted Moments: Definition and Relation to Parameters of Several Distributions Expressable in Inverse Form. *Water Resources Research*. 15(5), 1049-1054.

Haan, C.T. (1977). *Statistical Method in Hydrology.* 4th ed. Ames, Iowa: Iowa State University Press.

Hromadka II, T.V., McCuen, R.H. dan Yen, C-C. (1987). *Computational Hydro-logy in Flood Control Design and Planning*, Mission Vieja - California, USA: Lighthouse Publications.

Hosking, J.R.M., Wallis, J.R. dan Wood, E.F. (1985). Estimation of the Generalized Extreme-Value Distri-bution by the Method of Probability-Weighted Moments. *Technometrics*, 27(3), 251-261.

Hosking, J.R.M. dan Wallis, J.R. (1987a). Parameter and Quantile Estimation for the Generalized Pareto Distribution. *Technometrics,* 29(3), 339-349.

Hosking, J.R.M. dan Wallis, J.R. (1987b). An 'Index Flood' Procedure for Regional Rainfall Frequency Ana-lysis, *EOS: Transaction of American Geophysical Union*, 68: 312.

Hosking, J.R.M. (1990). *L*-Moments: Analysis and Estimation of Distri-butions Using Linear Combinations of Order Statistics. *Journal of Royal Statistical Society,* 52(1), 105-124.

Hosking, J.R.M. dan Wallis, J.R. (1993). Some Statistics Useful in Regional Frequency Analysis. *Water Resources Research*, 29(2), 271-281.

Kanji, G.P., (1995). *100 Statistical Tests,* SAGE Publications, New Delhi.

Kottegoda, N.T. dan Rosso, R. (1977). *Statistics, Probability, and Reliability for Civil and Environmental Engineers*, McGraw Hill, New York.

Martins, E.S. dan Stedinger, J.R. (2000). Generalized Maximum-Likelihood Generalized Extreme-Value Quantile Estimators for Hydrologic Data. *Water Resources Research,* 36(3), 737-744.

Masimin, (2008). *Temporal and Spatial Rainfall Variability in Design Storms using Block Method,* (Disertasi) Universiti Teknologi Malaysia, Skudai, Johor Bahru.

Peyron, N., Nguyen, V.T.V. and Rivard, G. (2004). *Regional Estimation of Floods for Ungaged Medium-Sized Basins in Quebec*, Montréal, Quebec, Canada Dept. Civil Engineering and Applied Mechanics, McGill University.

Peyron, N., Nguyen, V.T.V. dan Rivard, G. (2005). Development of an Optimal Storm Pattern for Urban Drainage Systems Design. *NOVATECH'2004*, Montreal.

Rao, A.R., dan K.H. Hamed, (2000). *Flood Frequency Analysis,* CRC Press, New