

**ANALISIS FREKUENSI REGIONAL UNTUK DATA HUJAN HARIAN MAKSIMUM  
MENGUNAKAN METODE L-MOMEN**

Segel Ginting<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Balai Teknik Irigasi, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air

e-mail: [gintingsegel@gmail.com](mailto:gintingsegel@gmail.com)

**Abstrak**

Prediksi curah hujan dengan peluang kejadian tertentu adalah merupakan salah satu faktor dalam melakukan perencanaan bangunan hidraulik, dataran banjir, pengelolaan DAS, dan lainnya. Memperkirakan nilai curah hujan dengan peluang kejadian tertentu secara akurat akan meningkatkan keamanan bangunan yang direncanakan. Perkiraan nilai curah hujan untuk peluang kejadian tertentu dilakukan dengan analisis frekuensi regional menggunakan L momen dan cluster analysis. Data hujan harian maksimum di lokasi kajian dibagi menjadi 3 cluster yang memiliki karakteristik data statistik yang serupa berdasarkan nilai rata-rata hujan maksimum tahunan dan koefisien variasi data. Berdasarkan dari 3 kelompok tersebut, selanjutnya dilakukan analisis keheterogenitasan wilayah untuk menguji homogenitas kelompok data. Pengujian ini membandingkan karakteristik data statistik L momen dengan hasil monte carlo simulation dan menunjukkan hasil bahwa ketiga kelompok data tersebut homogen sehingga dapat menggunakan flood index masing-masing pos untuk memprediksi curah hujan rencana periode ulang tertentu dengan mengkalikan dengan growth factor. Nilai dari growth factor diperoleh dari masing-masing kelompok yang mewakili seluruh pos dalam kelompok tersebut dan prediksi hujan periode ulang 2 sampai dengan 1000 tahun dilakukan berdasarkan distribusi GEV untuk seluruh pos hujan yang dianalisis.

Kata kunci: Regional frequency analysis, L-momen, cluster analysis,

**Abstract**

*Prediction of rainfall with a certain probability of occurrence is one of the factors in planning hydraulic buildings, flood plains, watershed management, and others. Estimating the value of rainfall with the probability of certain events accurately will increase the safety of the planned building. Estimates of rainfall values for certain events are carried out by regional frequency analysis using L moment and cluster analysis. The extreme rain data at the study site is divided into 3 clusters which have similar statistical data characteristics based on the average annual maximum rainfall and the coefficient of variation of the data. Based on the 3 groups, then a regional heterogeneity analysis was carried out to test the homogeneity of the data groups. This test compares the characteristics of the L moment statistical data with the results of the Monte Carlo simulation and shows the results that the three data groups are homogeneous so that they can use the flood index of each post to predict extreme rainfall for a certain return period by multiplying by growth factor. The value of the growth factor was obtained from each group representing all posts in the group and predictions of rainfall for a return period of 2 to 1000 years were carried out based on the GEV distribution for all analyzed rainfall stations.*

*Keywords: Regional frequency analysis, L-momen, cluster analysis*

**I. PENDAHULUAN**

Analisis terhadap penentuan besarnya prediksi hujan dalam perencanaan sumber daya air secara umum ditentukan berdasarkan analisis

statistik dengan memanfaatkan teori distribusi frekuensi. Metode yang umum digunakan dalam distribusi frekuensi untuk menentukan nilai ekstrim menggunakan Gumbel. Beberapa studi

dari beberapa daerah mengusulkan dengan menggunakan metode Log Pearson, serta yang lainnya ditentukan berdasarkan hasil pengujian yang terbaik terhadap beberapa metode dari distribusi frekuensi. Begitu banyaknya metode dalam menentukan besarnya prediksi hujan dan beberapa metode yang digunakan seringkali mengalami keterbatasan terhadap jumlah data yang digunakan, maka dilakukan berdasarkan analisis frekuensi regional.

Analisis frekuensi regional dilakukan untuk menentukan parameter secara regional terhadap metode distribusi frekuensi yang digunakan. Analisis regional ini diharapkan dapat meminimalisasi keterbatasan data yang tersedia di lapangan yang pada umumnya terdapat di Indonesia. Analisis frekuensi regional dilakukan di DAS-DAS yang menuju ke Kota Jakarta atau untuk lebih praktis disebut sebagai DAS Jakarta. Analisis frekuensi regional di DAS Jakarta ini dengan maksud untuk melakukan analisis curah hujan secara regional dengan tujuan untuk menentukan besarnya curah hujan dimasa mendatang sebagai bagian dari penentuan debit banjir rencana.

Penggunaan metode *moment* dalam memperkirakan parameter distribusi telah lama dilakukan disamping dikombinasikan dengan metode *maximum likelihood*, namun metode-metode tersebut memiliki keterbatasan dalam memastikan prakiraan kuantitatif secara andal karena biasanya panjang catatan data yang terlalu pendek dan kerapatan jaringan pos hujan yang masih kurang [1]. Dalam analisis frekuensi, masalah yang umum sering terjadi adalah terkait dengan perkiraan (*estimastion*) dari catatan data yang sangat pendek untuk memperkirakan periode ulang 500 s/d 1000 tahun, yang pada kenyataannya catatan data yang dimiliki masih sangat terbatas [2].

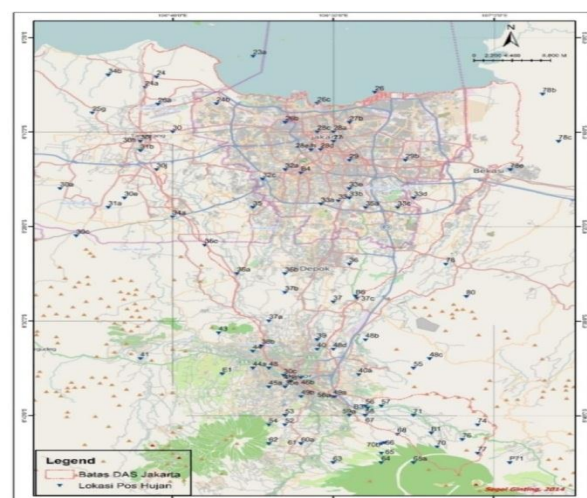
Oleh karena hal tersebut, maka dikembangkan lagi metode berdasarkan analisis frekuensi regional untuk menghindari keterbatasan tersebut. Analisis frekuensi regional dengan distribusi statistik menggunakan pendekatan *L-moment* untuk memperkirakan parameternya. *L-moment* adalah fungsi linier tertentu dari nilai statistik yang diharapkan pertama sekali diperkenalkan oleh Sillitto pada

tahun 1951, dan secara komprehensif dikaji oleh Hosking pada tahun 1990. *L-moment* telah dipergunakan untuk aplikasi dalam bidang-bidang seperti penelitian terapan untuk teknik sipil, meteorologi, dan hidrologi. Metode *L-moment* ini dikenalkan oleh Hosking tahun 1990 dan dikembangkannya bersama J.R.Wallis tahun 1997. Rostami [3] menggunakan *L-moment* dalam analisa frekuensi banjir untuk memilih distribusi yang cocok di West Azarbayjan Basins. Vogel, et.al., [4] dalam *food flow frequency model selection in Australia* menggunakan *L-Moment* untuk memilih distribusi peluang banjir dengan data banjir maksimum tahunan di 61 pos duga air dengan panjang pencatatan minimal 20 tahun di 29 pos duga air dan minimal 30 tahun di 32 pos duga air. Untuk (n) yang pendek (20-30 tahun) dibuang.

## II. BAHAN DAN METODOLOGI

### Data dan Lokasi Studi

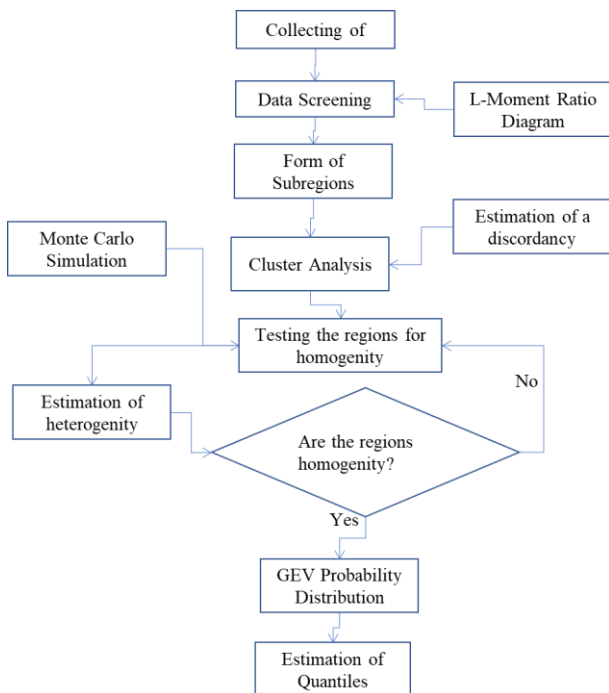
Data yang digunakan dalam kajian adalah data hujan harian maksimum tahunan sebanyak 112 pos hujan mulai dari tahun 1879 s/d 2014. Data yang digunakan tersebut telah dilakukan penyeleksian secara manual seperti yang telah disajikan oleh Ginting dan Putuhena [5]. Data dan lokasi pos hujan yang digunakan berada pada sungai-sungai yang menuju ke teluk Jakarta (13 sungai) yang untuk selanjutnya dinyatakan sebagai DAS Jakarta. Adapun lokasi pos hujan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi pos hujan di DAS Jakarta

**Dasar Teori L-moment**

Analisis frekuensi regional dilakukan terhadap data hujan harian maksimum tahunan sebagai proses untuk memprediksi besaran hujan ekstrim sesuai dengan tingkat probabilitasnya. Analisis frekuensi regional menggunakan pendekatan *L-moment* dan langkah-langkah yang digunakan untuk melakukan perhitungan dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Prosedur untuk melakukan analisis frekuensi regional

Dasar dari metode ini adalah menentukan wilayah dengan metode *L-moment* dalam rangka untuk memprediksi hujan dimasa mendatang. Metode ini merupakan kombinasi linier dari *Probability Weighted Moments* (PWM) yang dapat mengeliminir keberadaan *outlier* dan menggunakan sampel data dalam jumlah yang terbatas. Metode *L-moment* dinyatakan sebagai berikut:

$$\beta_r = E\{X[F(X)]^r\}$$

dimana :  $F(X)$  : *Cumulative Distribution Function* dari X untuk  $r = 0,$

$\beta_0$  = mean (rata-rata). Secara umum dapat dirumuskan

$$\beta_r = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n-r} \frac{\binom{n-j}{\dots r}}{\binom{n-1}{\dots r}} X(f)$$

dengan :  $r = 1, \dots, n-1$

Untuk setiap distribusi dalam fungsi PWMs, *L-moment* dapat dinyatakan dalam:

- $\lambda_1 = \beta_0$
- $\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0$
- $\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0$
- $\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0$
- $\tau = \lambda_2/\lambda_1$  L- koefisien variasi ( $t$ , sampel)
- $\tau_3 = \lambda_3/\lambda_2$  L- koefisien *skewness* ( $t_3$ , sampel)
- $\tau_4 = \lambda_4/\lambda_2$  L- koefisien kurtosis ( $t_4$ , sampel)

**Diagram L-moment**

Diagram *L-moment* merupakan hubungan antara  $\tau_3$  dan  $\tau_4$  untuk berbagai distribusi. Pemilihan distribusi yang sesuai berdasarkan rata-rata dari  $\tau_3$  dan  $\tau_4$  regional mendekati garis teoritisnya. Diagram ini juga menunjukkan penyebaran datanya membentuk kelompok (*cloud*) atau tersebar sebagai indikasi adanya penyimpangan dari suatu lokasi yang mungkin bukan anggota dari kelompok tersebut.

**Uji Discordancy**

Jika suatu pos hujan bukan anggota dari suatu kelompok dapat ditunjukkan dengan diagram *L-moment* yaitu parameter pos yang menyimpang jauh dari kumpulan datanya. Nilai penyimpangan dapat dilakukan dengan uji *discordancy*. Pos hujan yang keluar dari kelompok dapat dipikirkan untuk tidak digunakan. Penyimpangan diukur untuk satu wilayah dirumuskan seperti berikut [6]:

$$D_i = \frac{1}{3} N(u_i - \bar{u})^T A^{-1} (u_i - \bar{u}); \quad u_i = (t^i t_3^i t_4^i)^T$$

$$\bar{u} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_i; A = \sum_{i=1}^N (u_i - \bar{u})(u_i - \bar{u})^T$$

Dengan :

N : Jumlah pos hujan dalam satu kelompok

$u_i$  : vector/matriks dari  $\tau$ : L- CV,  $\tau_3$  :L- *skewness*,

$\tau_4$  :L-kurtosis

T : transpose dari matrik

$D_i$  : besarnya penyimpangan.

Jika  $D_i \geq 3$  untuk jumlah  $N \geq 15$  dapat dianggap sebagai pos yang menyimpang dari kelompok tersebut [6]. Tabel 1 menampilkan nilai kritis untuk uji *discordancy* ( $D_i$ ).

**Tabel 1.** Nilai penyimpangan untuk uji *discordancy* ( $D_i$ ) [6].

N (Jumlah pos)	Nilai Kritis ( $D_i$ )	N (Jumlah pos)	Nilai Kritis ( $D_i$ )
5	1.333	10	2.491
6	1.648	11	2.632
7	1.917	12	2.757
8	2.140	13	2.869
9	2.329	14	2.971
		$\geq 15$	3

### Pembentukan Wilayah (*Region*) dengan *Cluster Analysis*

Pembentukan wilayah atau sejumlah data menjadi kelompok-kelompok tertentu bertujuan untuk membentuk sejumlah data dalam kelompok tersebut menjadi homogen. Pembentukan kelompok dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti dibatasi berdasarkan batas administrasi, berdasarkan kesamaan tujuan, berdasarkan kesamaan karakteristik dari masing-masing datanya, dan lain sebagainya. Dalam membentuk suatu kelompok tidak ada ketentuan secara khusus yang digunakan dalam melakukan analisis frekuensi regional, namun untuk tujuan yang lebih praktis, dalam melakukan pengelompokan data menjadi beberapa kelompok berdasarkan karakteristik data dapat dilakukan dengan metode *Cluster Analysis* [6].

Metode dengan cara *cluster analysis* telah banyak dilakukan dalam membentuk sebuah wilayah (*region*) menjadi homogen seperti yang dilakukan oleh [1], [7] dan sebagai inisiasi awal untuk membentuk wilayah menjadi homogen [8].

Oleh karena itu, dalam kajian ini digunakan teknik *cluster analysis* dalam pengelompokan data. *Cluster Analysis* adalah metode yang digunakan untuk mengelompokkan data secara otomatis ke dalam beberapa kelompok yang lebih kecil sehingga data dalam kelompok memiliki karakteristik data yang sama secara statistik terhadap *attribute* yang dibandingkan. Metode yang digunakan dalam melakukan pengelompokan ini adalah dengan *Algoritma K-means*.

*Algoritma K-means* adalah metode *cluster analysis* yang bertujuan untuk membagi sejumlah data pengamatan menjadi  $k$  *cluster* sehingga setiap data dalam *cluster* tersebut memiliki jarak terdekat dengan mean (rata-rata). Untuk menentukan besarnya jarak data dengan nilai mean nya digunakan persamaan *Euclidean distance* seperti persamaan beriku ini:

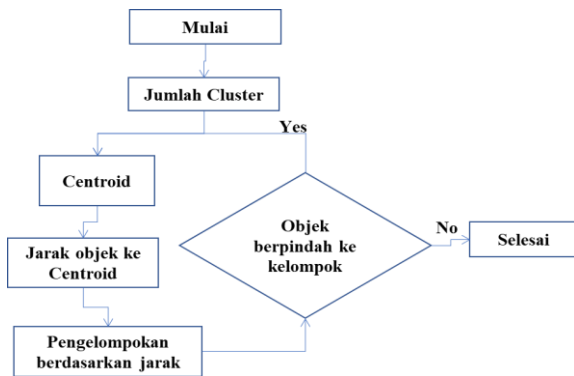
$$d_{\text{euc}}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

Nilai *mean* dari setiap *cluster* akan mengalami perubahan secara dinamis akibat dari perubahan data dari setiap *cluster*. Kriteria untuk melakukan optimasi terhadap *cluster* tersebut adalah dengan meminimalisasi jarak dalam satu *cluster* dengan menggunakan persamaan berikut:

$$S_i = \sum_{j=1}^k \sum_{x_j \in S_i} \|x_j - \mu_i\|^2$$

Prosedur yang digunakan untuk melakukan *cluster analysis* dapat dilihat pada Gambar 3.

Untuk proses pengelompokan yang lebih praktis, telah dibuat *macro* dalam excel yang memudahkan untuk melakukan *cluster analysis*. *k-Means Cluster Analysis in Microsoft Excel* adalah salah satu paket program yang digunakan untuk pengelompokan data. Informasi ini dapat diakses di <http://www.neilson.co.za/?p=9>



Gambar 3. Prosedur untuk melakukan Cluster Analysis

**Uji Keheterogenitasan dalam Satu Wilayah**

Jika variabilitas dari satu kumpulan data cukup besar, maka kemungkinan bukan berasal dari 1 populasi, hal ini dapat diuji dengan rata-rata uji heterogenitas *L-moment*. Pada uji ini data yang ada dibangkitkan sebanyak 1000 dengan *randomdata* sesuai dengan identifikasi distribusi yang diperoleh. Kelompok yang akan diuji dibuat tiruannya dengan data yang dibangkitkan sebanyak 15 kali.

Estimasi regional untuk parameter *L-moment* yaitu  $t^i$ ,  $t_3^i$  dan  $t_4^i$  untuk lokasi  $i$  dan simpangan bakunya sehubungan dengan perbedaan panjang pencatatan data ( $n$ ) dituliskan dalam rumus berikut [6]:

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

$$, V = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N n_i \left( t^{(i)} - t^R \right)^2}{\sum_{i=1}^N n_i} \right]^{0.5}$$

Dari simulasi yang telah dilakukan ditentukan besaran rata-rata ( $\mu_v$ ) dan simpangan baku ( $\sigma_v$ )

dari  $V$  kemudian ukuran heterogenitas dapat dihitung seperti berikut ini:

$$H = \frac{(V - \mu_v)}{\sigma_v}$$

Dikatakan homogen jika  $H < 1$  dan heterogen jika  $H \geq 2$  [6].

**Generalized Extreme Value (GEV)**

Fungsi distribusi yang digunakan untuk menentukan besarnya faktor pertumbuhan (*growth factor*) dari suatu kelompok atau *cluster* menggunakan *Generalized Extreme Value (GEV)*. Persamaan umum dari *Generalized Extreme Value (GEV)* adalah sebagai berikut [6]:

$$f(x) = \alpha^{-1} e^{-(1-k)y - e^{-y}}$$

dimana:

$$y = -k^{-1} \log \{ 1 - k(x - \xi) / \alpha \}, k \neq 0$$

$$y = (x - \xi) / \alpha, k = 0$$

$$F(x) = e^{-e^{-y}}$$

$$x(F) = \xi + \alpha \{ 1 - (-\log F)^k \} / k, k \neq 0$$

$$x(F) = \xi - \alpha \log(-\log F), k = 0$$

Untuk nilai  $k=0$  maka fungsinya menjadi distribusi Gumbel, sedangkan  $k = 1$  menjadi fungsi distribusi eksponensial. Hubungan pendekatan *L-moment* terhadap parameter dari distribusi GEV dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\lambda_1 = \xi + \alpha \{ 1 - \Gamma(1+k) \} / k,$$

$$\lambda_2 = \alpha (1 - 2^{-k}) \Gamma(1+k) / k$$

Dan untuk memperkirakan besarnya parameter distribusi GEV dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$k = 7,8590c + 2,9554c^2, c = \frac{2}{3 + \tau_3} - \frac{\log 2}{\log 3}$$

$$\alpha = \frac{\lambda_2 k}{(1 - 2^{-k}) \Gamma(1+k)},$$

$$\xi = \lambda_1 - \alpha \{ 1 - \Gamma(1+k) \} / k$$

dimana  $\Gamma(x)$  adalah fungsi gamma yang dinyatakan sebagai berikut:

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} t^{x-1} e^{-t} dt \text{ untuk } x > 0$$

Penyelesaian fungsi gamma dengan cara yang berbeda dengan di atas dapat dijelaskan berikut ini [9]:

$\Gamma(y + 1) = y\Gamma(y)$  untuk  $y > 0$  dan  $\Gamma(y) = \frac{\Gamma(y+1)}{y}$  untuk  $y < 1$

$\Gamma(n) = (n - 1)!$  untuk  $n$  bilangan integer positif

Fungsi gamma tersebut dapat diselesaikan secara numerik dengan menggunakan pendekatan yang dikemukakan oleh Abramowitz dan Stegun pada tahun 1965. Adapun persamaan yang dikemukakan oleh Abramowitz dan Stegun adalah sebagai berikut [9]:

$\Gamma(y + 1) = 1 + b_1y + b_2y^2 + b_3y^3 + \dots + b_8y^8 + \varepsilon(y)$  untuk,  $0 \leq y \leq 1$  dan nilai variabel lainnya adalah:

$b_1 = -0.577191652$	$b_2 = 0.988205891$
$b_3 = -0.897056937$	$b_4 = 0.918206857$
$b_5 = -0.756704078$	$b_6 = 0.482199394$
$b_7 = -0.193527818$	$b_8 = 0.035868343$

$$\varepsilon(y) = \text{KAR} = 3 \times 10^{-7}$$

**Prediksi Besaran Hujan dengan Flood Index dan Growth Factor**

Setelah distribusi terpilih dalam satu wilayah, maka estimasi distribusi frekuensi dapat dilakukan. Hubungan antara distribusi frekuensi di lokasi berbeda dalam satu wilayah diyakini identik dengan analisis frekuensi wilayah. Untuk itu hujan rencana,  $R_i(F)$  dapat dirumuskan seperti berikut:

$$R_i(F) = \mu_i * x(F),$$

$$x(F) = \xi + \alpha \left\{ 1 - (-\log F)^k \right\} / k$$

dengan :

$R_i(F)$  : hujan rencana dengan probabilitas terlampaui di pos hujan ke- $i$

$i$  : Pos hujan ke-  $i$

$\mu_i$  : Flood index di pos hujan  $i$  yang merupakan rata-rata dari nilai pengamatan untuk metode langsung atau dapat diestimasi secara regional dengan analisis regresi untuk metode tidak langsung

$$\mu_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_j$$

$x(F)$ : Faktor pertumbuhan kelompok (*Regional Growth Factor*) yang berlaku untuk  $N$  pos hujan dengan tingkat probabilitas yang terlampaui ( $F$ )

$\alpha$  : scale  $\xi$  : location

$k$  : shape

*Growth factor* dari skala regional memerlukan wilayah yang homogen dari setiap jenis distribusi yang digunakan.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Frekuensi Regional Terhadap Data Hujan Harian Maksimum**

Analisis frekuensi regional dilakukan untuk mengatasi permasalahan yang terkait dengan ketersediaan data yang belum memadai untuk menentukan besarnya hujan rencana dengan periode ulang yang besar (diatas 100 tahun). Jika diperhatikan kondisi data yang telah lolos seleksi, ketersediaan data berkisar mulai dari 10 s/d 140 tahun data. Jadi secara umum, jika melakukan analisis frekuensi dari masing-masing pos akan mengalami kendala untuk menentukan periode ulang yang lebih tinggi dari jumlah data yang dimilikinya. Atas dasar tersebut, maka analisis frekuensi regional dilakukan supaya dapat mengatasi permasalahan kekurangan data. Seperti yang telah dijelaskan dalam metodologi penelitian, bahwa analisis frekuensi regional dilakukan dengan menggabungkan beberapa pos hujan yang memiliki karakteristik data yang sama sehingga jumlah datanya menjadi lebih panjang. Jumlah data yang lebih panjang dalam sebuah kelompok dapat memberikan keuntungan untuk

menprediksi curah hujan rencana dengan periode ulang yang lebih tinggi. Analisis frekuensi regional terhadap data hujan harian maksimum di DAS Jakarta dilakukan dengan menggunakan pendekatan L-moment untuk menentukan besarnya parameter fungsi distribusi.

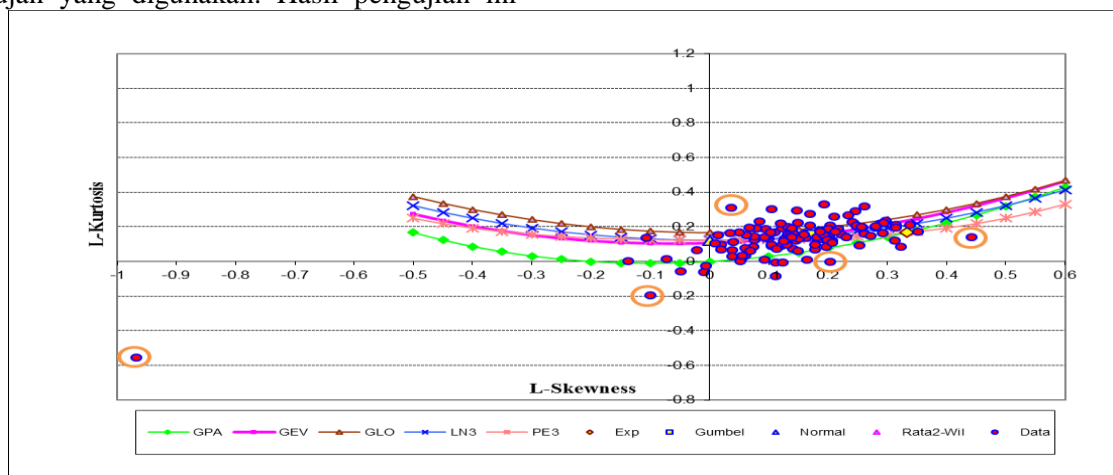
**Pemilihan Data Pos Hujan**

Penyeleksian data dari masing-masing pos hujan sangat penting sekali untuk mendapatkan kualitas data yang baik. Menggunakan data yang kurang baik akan memberikan hasil yang kurang baik. Oleh sebab itu, maka dalam rangka untuk analisis frekuensi regional juga diperlukan penyeleksian data. Penyeleksian data termasuk yang telah dilakukan sebelumnya mulai dari pengecekan secara manual dan secara statistik.

Setelah dilakukan kedua hal tersebut, langkah selanjutnya adalah penyeleksian terhadap pos hujan yang satu dengan pos hujan yang lainnya memiliki kesamaan karakteristik dengan kelompoknya. Untuk menentukan hal ini, maka diperlukan sebuah pengujian *discordancy*. Pengujian *discordancy* dilakukan terhadap seluruh pos hujan yang digunakan. Hasil pengujian ini

menunjukkan bahwa pos hujan tersebut tidak memiliki karakteristik yang sama satu dengan lainnya karena terdapat beberapa pos yang menyimpang dari kelompok. Berdasarkan hasil perhitungan *discordancy*, dapat dilihat bahwa terdapat 5 pos hujan yang menyimpang dari kelompoknya (dalam hal ini terhadap seluruh data yang digunakan). Pos hujan yang memiliki *discordancy* memiliki nilai  $D > 3$  dan pos hujan yang masuk dalam kriteria tersebut adalah Cilincing (26d), Pasar rebo (35a), Ciblagung\_Ciomas (45), Buitenzorg\_Landbow (47), dan Bekasi\_Patal (78j).

Adapun pos hujan yang menyimpang dari kelompoknya tersebut dapat dilihat dalam grafik perbandingan *L-moment* seperti terlihat pada Gambar 4. Terjadinya *discordancy* pada beberapa pos hujan tersebut menunjukkan bahwa karakteristik pos hujan tersebut tidak sama terhadap seluruh pos yang ada. Untuk mengurangi jumlah pos hujan yang memiliki *discordancy* maka dilakukan pembagian beberapa zona atau *region*. Pembentukan *region* diuraikan pada sub bab berikutnya.



Gambar 4. *L-moment ratio* seluruh pos hujan

**Pembentukan Region**

Pembentukan region dalam melakukan analisis frekuensi regional tidak ada aturan ketentuan secara pasti. Beberapa studi melakukan penentuan region berdasarkan pada batas administrasi, batas daerah aliran sungai (DAS)

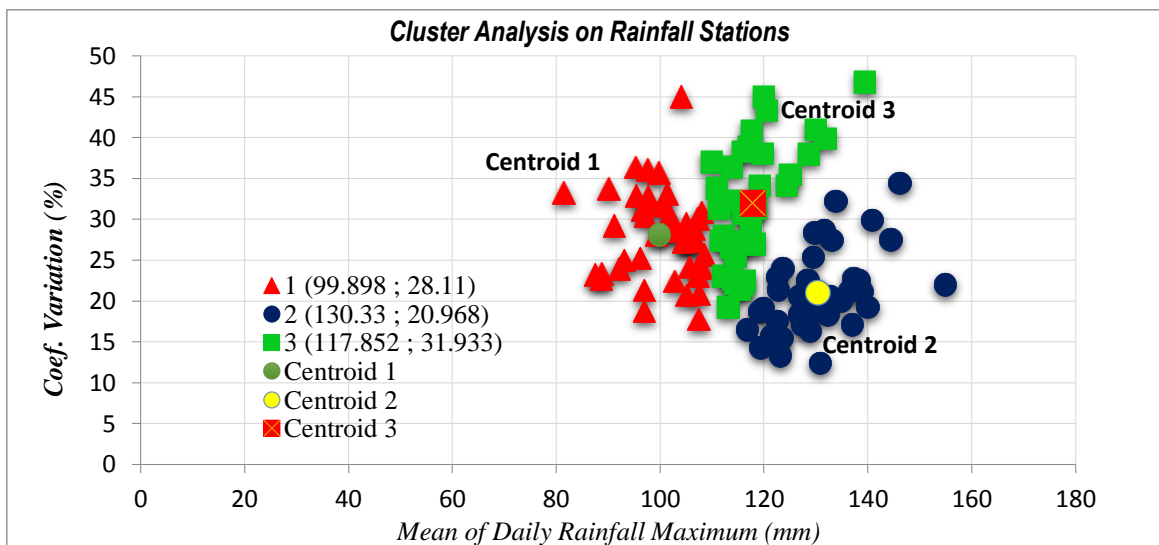
dan juga berdasarkan pada karakteristik topografinya. Pembentukan region yang dilakukan dalam studi ini, menggunakan teknik cluster analysis. Pendekatan ini dilakukan karena lebih rasional bila dibandingkan dengan yang lainnya. Pendekatan *cluster analysis* dapat dilakukan berdasarkan karakteristik data yang dihasilkan.

Studi ini menggunakan informasi rata-rata hujan harian maksimum dan koefisien variasi data sebagai variabel untuk melakukan cluster analysis. Jumlah *region* atau kelompok dibagi menjadi 3 bagian, dengan harapan dapat mewakili untuk daerah hulu, tengah dan hilir DAS. Namun hal tersebut tidak dapat menjamin akan mengikuti kondisi yang diharapkan. *Cluster analysis* yang dilakukan terhadap seluruh pos hujan yang telah lulus seleksi dengan membagi menjadi 3 *region* dapat dilihat pada Gambar 5.

Hasil *cluster analysis* tersebut telah membagi seluruh pos hujan menjadi 3 kelompok. Pos hujan yang masuk dalam kategori cluster 1 terdapat sebanyak 42 pos hujan, untuk cluster 2 terdapat sebanyak 41 pos hujan dan untuk cluster 3 terdapat sebanyak 35 pos hujan. Pos hujan yang

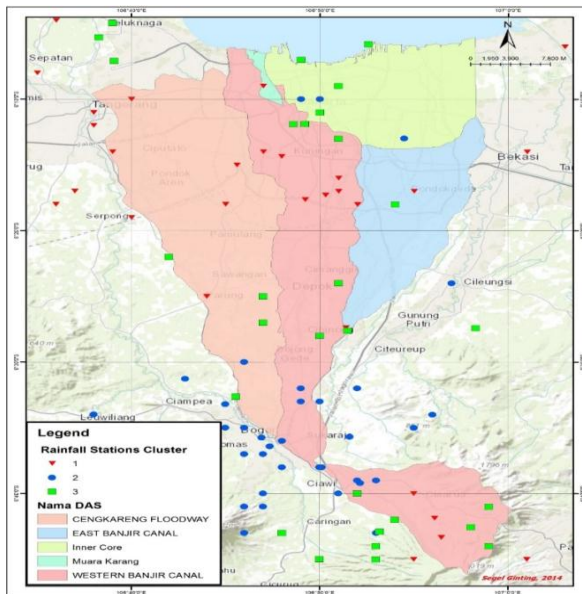
telah dibagi menjadi 3 kelompok tersebut selanjutnya dipetakan sehingga dapat diketahui distribusi penyebaran pos tersebut di DAS Jakarta.

Hasil pemetaan penyebaran pos tersebut dapat dilihat pada Gambar 6. Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa pengelompokan pos hujan yang ada sangat acak (*random*). Jika diperhatikan pada Gambar 5 tersebut, maka pembagian kelompok tersebut masih kurang dan paling tidak harus dibagi menjadi 8 kelompok. Hasil pengelompokan hujan dengan 3 kelompok ini selanjutnya dilakukan pengujian *discordancy*. Pengujian ini dilakukan lagi setelah pos hujan yang ada dibagi lagi menjadi 3 kelompok. Pengujian *discordancy* dilakukan pada masing-masing kelompok.



Gambar 5. Hasil *cluster analysis* di DAS Jakarta





**Gambar 6.** Peta penyebaran kelompok pos hujan

Uji *discordancy* terhadap kelompok 1 dengan jumlah pos hujan sebanyak 42 pos telah dilakukan. Berdasarkan pada hasil pengujian, terdapat satu pos hujan yang menyimpang dari kelompoknya yaitu pos hujan Pasar Ikan (26c) dengan nilai *discordancy* sebesar 3.52. Hal yang sama dilakukan juga untuk kelompok 2. Uji *discordancy* terhadap kelompok 2 telah dihasilkan. Hasil pengujian *discordancy* pada kelompok 2 terdapat dua pos hujan yang menyimpang dari kelompoknya. Pos hujan tersebut adalah pos hujan Cilincing (26d) dan pos hujan Ciblagung (45) dengan nilai *discordancy* masing-masing pos hujan adalah 4.75 dan 10.5. Kelompok 3 memiliki jumlah pos hujan sebanyak 35 pos. Seluruh pos yang masuk dalam kategori kelompok 3 dilakukan uji *discordancy* dan terdapat pos yang menyimpang dari kelompoknya. Pos hujan yang menyimpang adalah pos hujan Kalimati (34b) dengan besarnya nilai *discordancy* sebesar 4.01.

Pos hujan yang menyimpang dari kelompoknya tidak langsung dihilangkan atau dibuang begitu saja, namun pos hujan ini dimasukkan kembali ke kelompok yang lainnya dan selanjutnya dilakukan uji *discordancy* lagi. Dari beberapa kombinasi yang dilakukan terhadap empat (4) pos hujan yang menyimpang tersebut

untuk dilakukan pengujian *discordancy*, hanya dua pos hujan yang dapat diterima kembali yaitu pos hujan Pasar Ikan (26c) dan Kalimati (34b). Pos hujan Pasar Ikan (26c) yang sebelumnya berada pada kelompok 1 dipindahkan ke kelompok 3 dan Pos hujan Kalimati (34b) yang sebelumnya di kelompok 3 dipindahkan ke kelompok 1.

Pos hujan kelompok 3 yang memiliki penyimpangan terhadap kelompoknya terlebih dahulu dikeluarkan dari kelompoknya dan selanjutnya pos hujan Pasar Ikan (26c) yang berasal dari kelompok 1 digabungkan untuk dilakukan uji *discordancy*. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh hasil nilai *discordancy* untuk pos hujan Pasar Ikan (26c) sebesar 1.08. Dengan demikian, maka pos hujan Pasar Ikan (26c) dapat diterima di kelompok 3 untuk analisis selanjutnya, hal yang sama juga dilakukan untuk pos hujan Kalimati (34b) sehingga diperoleh nilai *discordancynya* sebesar 2,98.

Pengujian *discordancy* untuk ketiga kelompok (*region*) telah selesai dilakukan. Dari hasil pengujian tersebut, maka terdapat 2 (dua) pos hujan yang tidak berhasil lolos pengujian. Kedua pos hujan tersebut juga tidak akan diikutsertakan dalam menentukan besarnya hujan rencana di DAS Jakarta.

### Analisis Kehomogenitasan Region

Pengujian *discordancy* dilakukan untuk melihat penyimpangan karakteristik pos hujan terhadap rata-rata dari kelompoknya. Uji ini telah dilakukan dan dijelaskan pada subbab sebelumnya. Uji selanjutnya adalah uji keheterogenitasan dari setiap kelompok pos hujan.

Pengujian ini bertujuan untuk melihat pos hujan yang tergabung menjadi satu kelompok memiliki kondisi data yang homogen antara satu pos dengan pos yang lainnya dalam satu kelompok.

Uji homogeneity dari setiap kelompok dapat dilakukan setelah dilakukan perpanjangan data hujan harian maksimum dari masing-masing kelompok dengan menggunakan Monte-Carlo Simulation (MCS). Perpanjangan data dilakukan

sebanyak 1000 data dengan pengulangan sebanyak 15 kali.

Data yang telah diperpanjang tersebut, kemudian dihitung parameter statistik L-momentnya sehingga akan diperoleh sebanyak 15

parameter L-moment dari masing-masing kelompok.

Untuk kelompok 1, parameter L-moment untuk perpanjangan data dengan menggunakan MCS dapat dilihat pada Tabel 2. Sedangkan untuk kelompok 2 dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 2.** Parameter L-moment untuk data hasil MCS di Kelompok 1

Iterasi	$t^R$	$t_3^R$	$t_4^R$	$V^R$	$V_3^R$	$V_4^R$	$t$	$t_3$	$t_4$
1	0.203	0.122	0.127	0.040	0.029	0.011	0.203	0.122	0.127
2	0.203	0.122	0.130	0.038	0.026	0.010	0.203	0.122	0.130
3	0.204	0.126	0.127	0.038	0.027	0.008	0.204	0.126	0.127
4	0.203	0.118	0.129	0.039	0.027	0.009	0.203	0.118	0.129
5	0.202	0.120	0.128	0.039	0.024	0.010	0.202	0.120	0.128
6	0.201	0.119	0.130	0.039	0.027	0.010	0.201	0.119	0.130
7	0.203	0.121	0.127	0.039	0.026	0.009	0.203	0.121	0.127
8	0.203	0.119	0.127	0.039	0.027	0.010	0.203	0.119	0.127
9	0.202	0.119	0.127	0.038	0.027	0.009	0.202	0.119	0.127
10	0.204	0.123	0.126	0.040	0.030	0.009	0.204	0.123	0.126
11	0.204	0.117	0.127	0.039	0.030	0.012	0.204	0.117	0.127
12	0.203	0.117	0.126	0.039	0.031	0.011	0.203	0.117	0.126
13	0.203	0.119	0.125	0.038	0.027	0.010	0.203	0.119	0.125
14	0.204	0.119	0.126	0.040	0.028	0.010	0.204	0.119	0.126
15	0.204	0.118	0.126	0.040	0.030	0.011	0.204	0.118	0.126
<b>Rata</b>	<b>0.203</b>	<b>0.120</b>	<b>0.127</b>	<b>0.039</b>	<b>0.028</b>	<b>0.010</b>	<b>0.203</b>	<b>0.120</b>	<b>0.127</b>

**Tabel 3.** Parameter L-moment untuk data hasil MCS di Kelompok 2

Iterasi	$t^R$	$t_3^R$	$t_4^R$	$V^R$	$V_3^R$	$V_4^R$	$t$	$t_3$	$t_4$
1	0.242	0.141	0.130	0.056	0.040	0.010	0.242	0.141	0.130
2	0.243	0.143	0.129	0.056	0.037	0.010	0.243	0.143	0.129
3	0.243	0.146	0.131	0.056	0.042	0.013	0.243	0.146	0.131
4	0.242	0.145	0.128	0.056	0.038	0.011	0.242	0.145	0.128
5	0.243	0.146	0.131	0.057	0.040	0.011	0.243	0.146	0.131
6	0.243	0.148	0.131	0.058	0.040	0.011	0.243	0.148	0.131
7	0.241	0.140	0.126	0.056	0.038	0.010	0.241	0.140	0.126
8	0.244	0.148	0.130	0.056	0.038	0.011	0.244	0.148	0.130
9	0.242	0.145	0.128	0.057	0.041	0.011	0.242	0.145	0.128
10	0.243	0.148	0.131	0.056	0.035	0.011	0.243	0.148	0.131
11	0.242	0.142	0.130	0.056	0.037	0.011	0.242	0.142	0.130
12	0.242	0.138	0.125	0.055	0.038	0.013	0.242	0.138	0.125
13	0.244	0.143	0.125	0.056	0.039	0.012	0.244	0.143	0.125
14	0.244	0.142	0.128	0.058	0.042	0.010	0.244	0.142	0.128

15	0.243	0.147	0.128	0.056	0.038	0.011	0.243	0.147	0.128
<b>Rata</b>	<b>0.243</b>	<b>0.144</b>	<b>0.129</b>	<b>0.056</b>	<b>0.039</b>	<b>0.011</b>	<b>0.243</b>	<b>0.144</b>	<b>0.129</b>

**Tabel 4.** Parameter L-moment untuk data hasil MCS di Kelompok 3

Iterasi	$t^R$	$t_3^R$	$t_4^R$	$V^R$	$V_3^R$	$V_4^R$	t	$t_3$	$t_4$
1	0.171	0.102	0.128	0.042	0.029	0.010	0.171	0.102	0.128
2	0.171	0.101	0.124	0.043	0.024	0.008	0.171	0.101	0.124
3	0.169	0.099	0.127	0.041	0.028	0.009	0.169	0.099	0.127
4	0.170	0.104	0.126	0.042	0.031	0.011	0.170	0.104	0.126
5	0.170	0.096	0.122	0.041	0.028	0.010	0.170	0.096	0.122
6	0.170	0.101	0.127	0.042	0.027	0.009	0.170	0.101	0.127
7	0.169	0.101	0.125	0.041	0.031	0.011	0.169	0.101	0.125
8	0.171	0.101	0.126	0.042	0.029	0.009	0.171	0.101	0.126
9	0.171	0.103	0.124	0.044	0.027	0.010	0.171	0.103	0.124
10	0.171	0.100	0.125	0.043	0.032	0.009	0.171	0.100	0.125
11	0.171	0.103	0.125	0.042	0.027	0.009	0.171	0.103	0.125
12	0.169	0.102	0.128	0.042	0.030	0.011	0.169	0.102	0.128
13	0.170	0.101	0.127	0.043	0.031	0.010	0.170	0.101	0.127
14	0.170	0.100	0.124	0.043	0.033	0.010	0.170	0.100	0.124
15	0.171	0.102	0.128	0.042	0.030	0.010	0.171	0.102	0.128
<b>Rata</b>	<b>0.170</b>	<b>0.101</b>	<b>0.126</b>	<b>0.042</b>	<b>0.029</b>	<b>0.010</b>	<b>0.170</b>	<b>0.101</b>	<b>0.126</b>

Parameter *L-moment* untuk hasil perpanjangan data dengan MCS di kelompok 3 dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil semua parameter *L-moment* untuk masing-masing kelompok selanjutnya diambil nilai rata-ratanya untuk dibandingkan dengan parameter *L-moment* data asli. Berdasarkan parameter *L-moment* hasil MCS dan L-moments data asli, maka dapat dihitung besarnya nilai *heterogeneity* dari masing-masing kelompok. Untuk kelompok 1, perhitungan *heterogeneity* dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa nilai H untuk  $V_R$  sebesar -23.604. Hal ini menunjukkan bahwa kelompok 1 adalah homogen. Kriteria untuk suatu *region* dikatakan homogen apabila memiliki nilai  $H < 1$ . Hasil pengujian *heterogeneity* untuk kelompok 2 dapat dilihat pada Tabel 6. Berdasarkan pada Tabel 6 menunjukkan bahwa kelompok 2 adalah homogen dengan mendapatkan nilai uji *heterogeneity* sebesar -42.449 yang jauh di bawah nilai 1 untuk ambang batas keheterogenan suatu wilayah. Pengujian *heterogeneity* untuk kelompok 3 telah dilakukan dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Berdasarkan pada Tabel 7 dapat dilihat bahwa nilai uji *heterogeneity* (H) untuk kelompok 3 sebesar -11.167. Nilai ini masih dibawah nilai ambang batas ( $H < 1$ ) untuk kategori homogen. Sehingga dengan demikian, bahwa ketiga kelompok yang telah dilakukan pengujian keheterogenan kelompok datanya dapat dinyatakan sebagai kelompok yang homogen dan dari setiap kelompok yang homogen tersebut kemudian diperoleh nilai indeks yang mewakili seluruh pos dalam kelompoknya. Nilai indeks ini yang kemudian disebut sebagai *growth factor* yang digunakan untuk menentukan besarnya hujan rencana dari masing-masing pos hujan.

**Tabel 5.** Hasil uji *heterogeneity* kelompok 1

Data Asli	$V^R$	$V_3^R$	$V_4^R$
	0.0235	0.0861	0.0711
Data MCS	$V^R$	$V_3^R$	$V_4^R$
1	0.040	0.029	0.011
2	0.038	0.026	0.010
3	0.038	0.027	0.008

4	0.039	0.027	0.009
5	0.039	0.024	0.010
6	0.039	0.027	0.010
7	0.039	0.026	0.009
8	0.039	0.027	0.010
9	0.038	0.027	0.009
10	0.040	0.030	0.009
11	0.039	0.030	0.012
12	0.039	0.031	0.011
13	0.038	0.027	0.010
14	0.040	0.028	0.010
15	0.040	0.030	0.011
<b>Rata</b>	0.039	0.028	0.010
<b>St Dev</b>	0.000656	0.001887	0.001056
<b>H</b>	<b>-23.604</b>	<b>30.909</b>	<b>57.892</b>

**Penentuan Parameter Distribusi**

Fungsi distribusi yang digunakan untuk menentukan besarnya hujan rencana di DAS Jakarta adalah dengan menggunakan *Generalized Extremis Value* (GEV). Fungsi distribusi ini digunakan untuk menentukan besarnya hujan rencana di lokasi studi disebabkan oleh kecendrungan data yang ada mengikuti distribusi tersebut. Hal ini dapat dilihat pada grafik L-moment rasio yang telah dikemukakan di atas (Gambar 4). Fungsi distribusi GEV memiliki 3 parameter untuk dapat diselesaikan agar mendapatkan besarnya nilai yang akan dihasilkan berdasarkan pada tingkat kejadian peluangnya.

**Tabel 6.** Hasil uji *heterogeneity* kelompok 2

<b>Data Asli</b>	<b>V<sup>R</sup></b>	<b>V<sub>3</sub><sup>R</sup></b>	<b>V<sub>4</sub><sup>R</sup></b>
	0.0258	0.1338	0.1021
<b>Data MCS</b>	<b>V<sup>R</sup></b>	<b>V<sub>3</sub><sup>R</sup></b>	<b>V<sub>4</sub><sup>R</sup></b>
1	0.056	0.040	0.010
2	0.056	0.037	0.010
3	0.056	0.042	0.013
4	0.056	0.038	0.011
5	0.057	0.040	0.011
6	0.058	0.040	0.011
7	0.056	0.038	0.010
8	0.056	0.038	0.011
9	0.057	0.041	0.011

10	0.056	0.035	0.011
11	0.056	0.037	0.011
12	0.055	0.038	0.013
13	0.056	0.039	0.012
14	0.058	0.042	0.010
15	0.056	0.038	0.011
<b>Rata</b>	0.056	0.039	0.011
<b>St Dev</b>	0.0007204	0.0019058	0.0010122
<b>H</b>	<b>-42.449211</b>	<b>49.819684</b>	<b>89.928429</b>

**Tabel 7.** Hasil uji *heterogeneity* kelompok 3

<b>Data Asli</b>	<b>V<sup>R</sup></b>	<b>V<sub>3</sub><sup>R</sup></b>	<b>V<sub>4</sub><sup>R</sup></b>
	0.0335	0.0967	0.0574
<b>Data MCS</b>	<b>V<sup>R</sup></b>	<b>V<sub>3</sub><sup>R</sup></b>	<b>V<sub>4</sub><sup>R</sup></b>
1	0.042	0.029	0.010
2	0.043	0.024	0.008
3	0.041	0.028	0.009
4	0.042	0.031	0.011
5	0.041	0.028	0.010
6	0.042	0.027	0.009
7	0.041	0.031	0.011
8	0.042	0.029	0.009
9	0.044	0.027	0.010
10	0.043	0.032	0.009
11	0.042	0.027	0.009
12	0.042	0.030	0.011
13	0.043	0.031	0.010
14	0.043	0.033	0.010
15	0.042	0.030	0.010
<b>Rata</b>	0.042	0.029	0.010
<b>St Dev</b>	0.0007876	0.0023534	0.0007358
<b>H</b>	<b>-11.167513</b>	<b>28.703977</b>	<b>64.74126</b>

Persamaan yang digunakan untuk menentukan parameter dan fungsi distribusi GEV secara singkat dapat dilihat pada metodologi penelitian, namun untuk pemahaman yang lebih jelas dapat dilihat pada [6] dan [9]. Persamaan umum yang digunakan untuk menentukan besarnya *growth factor* pada masing-masing kelompok kejadian berdasarkan tingkat peluang tertentu dapat dinyatakan sebagai berikut [6]:

$$x(F) = \xi + \frac{\alpha}{k} [1 - (-\log F)^k]$$

Penyelesaian persamaan di atas dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$\alpha = \frac{\lambda_2 k}{(1 - 2^{-k})\Gamma(1 + k)}$$

$$\xi = \lambda_1 - \alpha \frac{[1 - \Gamma(1 + k)]}{k}$$

$$k = 7,8590c + 2,9554c^2, c = \frac{2}{3 + \tau_3} - \frac{\log 2}{\log 3}$$

Variabel yang tidak diketahui dari persamaan di atas seperti  $\lambda_1$  dan  $\lambda_2$  dihitung

berdasarkan metode L-moment dari seluruh data dalam satu kelompok. Namun, karena ini merupakan perhitungan secara regional dan bertujuan untuk mencari nilai growth factor dari sebuah kelompok data maka, nilai  $\lambda_1=1$ . Berdasarkan pada persamaan dan kriteria yang telah ditentukan diatas, maka untuk kelompok 1 telah dihasilkan parameter distribusinya dan nilai growth factor berdasarkan tingkat peluang tertentu yang berasosiasi dengan periode ulang. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Parameter dan *growth factor* untuk kelompok 1 s/d 3

Parameter	T	F	Cluster 1	x(F)	Cluster 2	x(F)	Cluster 3	x(F)
n	2	0.50000	42	1.14035	39	1.11695	35	1.14595
t	5	0.80000	0.1562	1.39580	0.1179	1.29610	0.1721	1.43678
t <sub>3</sub>	10	0.90000	0.1702	1.56500	0.1192	1.40597	0.1962	1.63686
t <sub>4</sub>	15	0.93333	0.1546	1.66048	0.1317	1.46508	0.1537	1.75247
c	25	0.96000	-0.000055	1.77886	0.0103	1.53558	-0.0052	1.89856
K	50	0.98000	-0.00043	1.93757	0.0810	1.62550	-0.0407	2.09934
$\Gamma(k)$	100	0.99000	-2315.258	2.09515	11.8412	1.70983	-25.1678	2.30441
$\Gamma(k+1)$	150	0.99333	1.00025	2.18707	0.9593	1.75685	1.0252	2.42671
$\alpha$	200	0.99500	0.225	2.25221	0.1823	1.78924	0.2387	2.51462
$\xi$	250	0.99600	0.870	2.30271	0.9084	1.81383	0.8522	2.58347
$\lambda_1$	500	0.99800	1.000	2.45949	1.00	1.88738	1.00	2.80122
$\lambda_2$	1000	0.99900	0.156	2.61620	0.1179	1.95687	0.1721	3.02504

Adapun *growth factor* dalam bentuk grafik yang menghubungkan antara *growth factor* dengan periode ulang dapat dilihat pada Gambar 7. Dari gambar tersebut dapat terlihat bahwa parameter koefisien variasi *L-moment*nya (t) untuk kelompok 3 lebih besar dibandingkan yang lainnya. Koefisien variasi *L-moment* untuk kelompok 3 lebih besar dari kelompok 1 dan kelompok 1 lebih besar dari kelompok 2. Grafik perbandingan *growth factor* untuk ketiga kelompok dapat dilihat pada Gambar 7.

**Prediksi Hujan Berdasarkan Tingkat Peluang**

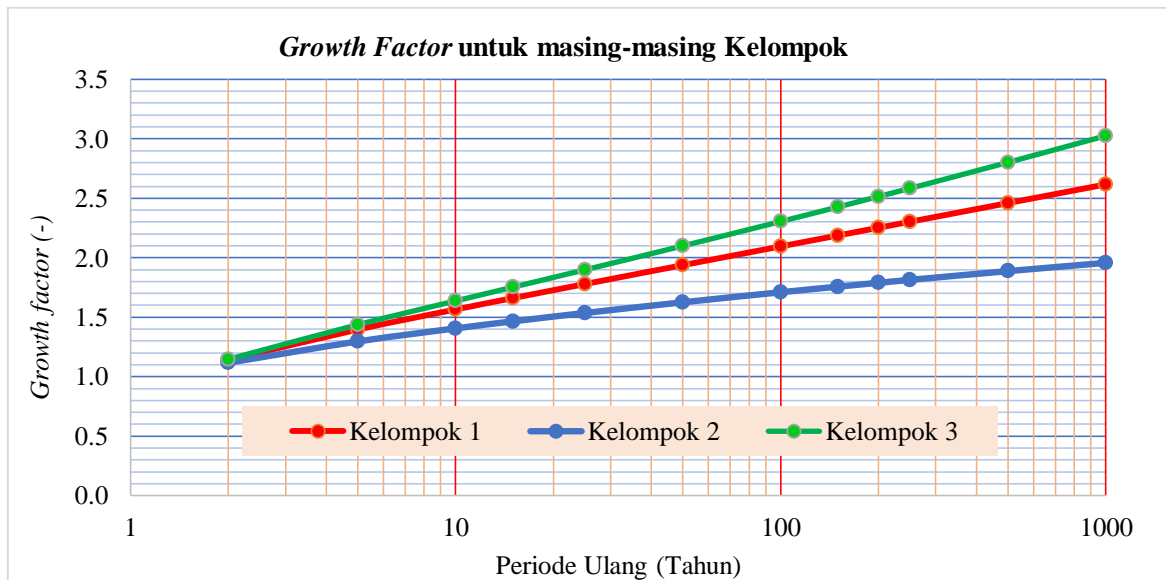
Curah hujan berdasarkan tingkat peluang untuk DAS Jakarta yang dihitung berdasarkan hasil analisis frekuensi regional dengan menggunakan pendekatan L-moment memerlukan

*flood index* dan *growth factor*. Istilah *flood index* yang dimaksudkan disini bukan saja untuk data banjir namun dapat digunakan untuk data ekstrim yang lainnya [6], seperti data hujan harian maksimum yang saat ini digunakan. Penggunaan istilah *flood index* dikemukakan lebih dahulu oleh Darlymple pada tahun 1960 untuk digunakan dalam analisis data hidrologi yang berkaitan dengan banjir.

Prediksi curah hujan di DAS Jakarta dilakukan berdasarkan pada masing-masing pos hujan yang ada dari setiap kelompoknya. Dengan demikian, maka *flood index* untuk masing-masing pos tersebut adalah nilai rata-rata dari hujan harian maksimum dari masing-masing pos hujan. Sementara untuk nilai *growth factor* telah

dijelaskan pada subbab sebelumnya. Nilai *growth factor* untuk masing-masing pos hujan yang berada dalam satu region atau kelompok memiliki nilai yang sama, sehingga yang membedakan hasil dari masing-masing pos hujan tersebut adalah nilai *flood index*. Besarnya nilai prediksi curah hujan dengan tingkat peluang tertentu dari

masing-masing pos hujan telah dihitung mulai dari periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 250, dan 500 tahun. Jumlah pos hujan yang berhasil lolos dari beberapa tahapan seleksi sebanyak 114 pos. Adapun besarnya nilai hujan rencana dari masing-masing pos hujan tersebut telah dirangkum dalam Tabel 9.



Gambar 7. Grafik *growth factor* untuk masing-masing kelompok

Tabel 9. Curah hujan rencana untuk masing-masing pos hujan

No	ID	Nama	Y	X	Mean	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T250	T500
1	24b	Kamal Muara	-6.11700	106.71200	108	123	151	169	192	209	226	249	266
2	25	Mauk	-6.06000	106.50950	108	123	151	169	192	209	226	249	266
3	25a	Kresiek	-6.13333	106.38333	91	104	127	143	162	177	191	210	224
4	25b	Blaraja	-6.19250	106.46283	97	111	136	152	173	188	203	224	239
5	25e	Bumiayu	-6.13000	106.45000	88	100	122	137	156	170	184	202	215
6	25g	Sapatan	-6.13333	106.58333	100	114	139	156	177	193	209	230	245
7	25i	Karangkobang	-6.06667	106.43333	89	101	124	139	158	172	186	204	218
8	26b	Pekulitan	-6.15000	106.78333	107	122	149	167	190	207	224	246	263
9	26c	Pasar Ikan (Bandan / Aquarium)	-6.11667	106.81667	104	119	150	170	198	219	240	269	292
10	30	Tangerang	-6.16667	106.66667	98	111	136	153	174	189	205	225	240
11	30b	Tigaraksa	-6.26667	106.46667	97	110	135	151	172	187	202	223	238
12	30c	Parungpanjang	-6.35000	106.56667	107	122	149	167	190	207	223	245	262
13	30e	Lengkong Timur	-6.28333	106.61667	101	116	142	159	180	197	213	234	249
14	30j	Tangerang (Meteo)/Tanah Tinggi	-6.18333	106.63333	105	120	147	165	187	204	221	243	259
15	30h	Pasir Tengah	-6.18333	106.63333	105	120	147	164	187	204	220	242	258
16	30j	Curug (Meteo)	-6.23333	106.65000	105	120	147	165	187	204	221	243	259
17	31a	Pondok Jagung	-6.30000	106.60000	101	115	141	158	179	195	211	232	248
18	31b	Perk. Karawaci	-6.20000	106.63333	90	103	126	141	160	175	189	208	222

19	32a	Kebayoran Lama	-6.23333	106.78333	89	101	124	139	158	172	186	204	218
20	32c	Pondok Betung	-6.25000	106.76000	107	122	150	168	191	208	225	247	264
21	33	Pasar Minggu	-6.28840	106.83850	104	119	146	163	186	202	219	241	257
22	33a	Ragunan	-6.29390	106.82050	92	105	129	144	164	179	193	212	227
23	33b	Jatipadang	-6.28333	106.85000	98	111	136	153	174	189	205	225	240
24	33d	Pondok-Gede	-6.28333	106.91667	108	123	150	168	191	208	225	248	264
25	33e	Tanjung Barat	-6.26667	106.85000	95	109	133	149	170	185	200	220	235
26	34a	Serpong	-6.31667	106.66667	107	122	150	168	191	208	225	247	264
27	35	Ciputat	-6.30000	106.75000	103	117	144	161	183	199	216	237	253
28	35a	Pasar Rebo/Gandaria/Paweja	-6.30000	106.86667	93	106	130	146	166	180	195	214	229
29	36a	Parung	-6.41667	106.73333	99	113	138	155	176	192	208	228	244
30	65a	Poncawati	-6.75000	106.91667	105	120	147	165	187	204	220	242	259
31	69	Arca Domas	-6.80000	107.11667	106	121	148	165	188	205	221	243	260
32	70	Cicapit (Leumaneundeut, Pekancilan)	-6.72228	106.94112	101	116	142	159	181	197	213	234	250
33	70a	Panjang	-6.78333	107.11667	102	116	143	160	182	198	214	235	251
34	71	Alun-Alun (Cisarua)	-6.66667	106.91667	103	117	144	161	183	199	216	237	253
35	78b	Muara Bakti	-6.10000	107.05000	95	109	133	149	170	185	200	219	234
36	78e	Tambun I (Perk.)	-6.23333	107.01667	97	111	136	152	173	188	204	224	239
37	E1	Cihideung Udik	-6.59361	106.71833	108	123	150	168	191	208	225	248	265
38	B6	Kranji	-6.45642	106.85642	82	93	114	128	145	158	171	188	200
39	B1	Citeko	-6.69787	106.93510	108	124	151	170	193	210	227	250	267
40	B2	Cikarang	-6.29250	107.11806	97	111	135	152	173	188	203	223	239
41	B4	Pakubuwono	-6.23910	106.79960	96	110	134	150	171	186	201	221	236
42	P71	Cibodas	-6.75000	107.01667	97	111	135	152	173	188	203	223	239
43	28a	Manggarai	-6.16667	106.83333	127	142	164	178	195	206	217	230	239
44	28c	Setiabudi	-6.16667	106.81667	130	145	168	182	199	211	222	235	245
45	29b	Klender ((BPMD)	-6.21659	106.90800	141	157	183	198	216	229	241	256	266
46	37a	Land Bojonggede	-6.50000	106.76667	120	134	155	169	184	195	205	217	226
47	39	Ciluar (Land Ciluar)	-6.53333	106.81667	133	148	172	187	204	216	227	241	250
48	40	Kedung Alang	-6.55000	106.81667	137	153	178	193	210	223	234	249	259
49	40a	Pasirmaung	-6.59475	106.85987	132	148	172	186	203	215	226	240	250
50	41	Tegalkemang	-6.56667	106.63333	123	138	160	173	189	201	211	224	233
51	43	Cimulang	-6.52130	106.71445	123	137	159	172	188	199	210	222	231
52	44	Dramaga	-6.55358	106.74983	124	138	160	174	190	201	211	224	233
53	44a	Sindangbarang (Ond.Dramaga)	-6.58333	106.75000	119	133	154	168	183	194	204	216	225
54	45a	Ciomas	-6.61667	106.76667	129	145	168	182	199	210	221	235	244
55	45b	Pancasan (Ciblagung)	-6.60693	106.78920	131	146	170	184	201	213	224	237	247
56	30c	Buitenzorg/Bogor (Dam Empang)	-6.59600	106.78200	129	144	167	181	197	209	220	233	243
57	30e	Bogor (Kantor PU)	-6.61667	106.78333	119	133	155	168	183	194	204	217	225
58	46b	Bogor (Kebun Raya)	-6.60000	106.80000	135	151	175	190	207	219	231	245	255
59	48	Bogor (Balai Pert.)	-6.58333	106.76667	123	138	160	173	189	200	211	223	232
60	48b	Hambalang	-6.53333	106.86667	144	161	187	203	222	235	247	262	273
61	48c	Pasir Gadung	-6.56667	106.93333	140	156	182	197	215	228	239	254	264

62	48d	Keb. Percobaan Bogor (CPV.)	-6.55000	106.83333	129	144	167	181	198	210	221	234	243
63	49a	Muara	-6.63333	106.83333	123	137	159	173	189	200	210	223	232
64	49b	Astana Gede	-6.63333	106.80000	121	136	157	171	186	197	208	220	229
65	52	Ciapus	-6.68333	106.78333	137	153	178	193	211	223	235	249	259
66	53	Cicalobak	-6.66667	106.78333	139	155	180	195	213	226	237	252	262
67	54	Warungloa	-6.68333	106.76667	138	155	179	195	213	225	237	251	261
68	55	Pasirkaret	-6.58333	106.91667	128	143	166	180	197	208	219	233	242
69	56	Gunung Geulis	-6.65000	106.86667	129	144	167	181	198	210	220	234	243
70	56a	Katulampa	-6.63333	106.83528	123	137	159	172	188	199	210	222	231
71	57	Pasirangin	-6.65000	106.88333	127	142	164	178	195	206	217	230	239
72	58	Clogrek	-6.66667	106.86667	128	143	166	180	197	209	219	233	242
73	59a	Ciawi	-6.66667	106.85000	132	147	171	185	202	214	225	239	248
74	60	Pasirpogor	-6.81250	106.76867	131	146	170	184	201	213	224	237	247
75	60a	Curug Agung	-6.71667	106.80000	155	173	201	218	238	252	265	281	292
76	62	Cibogo	-6.71667	106.76667	137	153	177	192	210	222	234	248	258
77	66	Tapos	-6.71667	106.88333	123	137	159	173	189	200	210	223	232
78	78	Cilengsi	-6.40000	106.95000	117	131	151	164	179	190	200	212	221
79	78d	Telukbuyung	-6.01667	107.18333	134	150	174	188	206	218	229	243	253
80	B3	Gadag	-6.65347	106.86916	133	149	172	187	204	216	228	241	251
81	22	Edam	-5.96667	106.85000	117	134	168	192	222	246	270	303	328
82	23a	Kuiper (Eiland)	-6.03333	106.75000	130	149	187	213	247	273	299	336	364
83	24	Pangkalan	-6.07000	106.65000	118	135	169	193	223	247	271	304	330
84	24a	Teluknaga	-6.08833	106.63800	124	143	179	204	236	261	287	322	349
85	25c	Cilongok	-6.15000	106.50000	114	130	163	186	216	239	262	294	318
86	26	Tanjungpriuk	-6.09700	106.87633	125	143	180	205	237	262	288	323	350
87	26a	Cengkareng	-6.11806	106.65139	121	138	173	197	229	253	278	311	338
88	27	Batavia/Jakarta Pusat	-6.18333	106.83333	110	126	158	180	209	231	253	284	308
89	27b	Kemayoran	-6.15000	106.85000	139	160	200	228	265	293	321	360	391
90	28d	Waduk Melati	-6.19800	106.82000	132	151	189	216	250	277	304	341	369
91	28e/h	Pintu Air Karet	-6.19840	106.81010	116	133	167	190	220	243	267	300	325
92	29	Jatinegara (Mister Cornelis)	-6.21667	106.85000	116	133	167	190	220	243	267	300	325
93	33c	Cililitan (Halim Perdana Kusuma)	-6.30000	106.90000	120	137	172	196	227	251	276	309	335
94	34b	Kalimati (KP. Melayu)	-6.06667	106.60000	117	134	164	184	209	228	246	270	289
95	36	Depok (PA)	-6.40000	106.85000	118	135	170	193	224	248	272	305	331
96	36b	Sawangan	-6.41667	106.78333	113	130	163	186	215	238	261	293	318
97	36c	Gunung Sindur	-6.36667	106.70000	111	127	159	181	210	233	255	286	311
98	37	Bojonggede	-6.46667	106.83333	116	133	166	190	220	243	267	299	325
99	37b	Citajam	-6.45000	106.78333	113	130	163	185	215	237	261	292	317
100	37c	Cibinong	-6.46000	106.85800	114	131	164	187	216	239	263	294	319
101	38b	Semplak/Atang Sanjaya	-6.54400	106.75900	116	133	167	190	221	244	268	301	326
102	61	Ciburajut	-6.71667	106.80000	115	132	166	189	219	242	266	298	323
103	63	Srogol	-6.75000	106.83333	112	129	161	184	213	236	259	290	314
104	64	Cinegara	-6.75000	106.88333	118	136	170	194	225	249	273	306	332
105	65	Kipare	-6.73333	106.88333	114	131	164	187	217	240	264	296	320



106	67	Cidokom	-6.66667	106.86667	117	134	169	192	223	246	270	303	329
107	68	Cikopo	-6.70000	106.90000	119	137	171	195	226	250	275	308	334
108	70b	Babakan/Sukagalih	-6.71487	106.88663	112	129	161	184	213	236	259	290	315
109	74	Gunungmas (Naringgul)	-6.68333	106.98333	112	128	160	183	212	234	257	289	313
110	76	Pabrik Gunungmas	-6.70914	106.96743	111	128	160	182	211	234	257	288	312
111	77	Mandalawangi	-6.73333	106.98333	115	132	165	188	218	241	265	297	322
112	78a	Bekasi (camat)	-6.26667	107.15236	114	131	164	186	216	239	262	294	319
113	78c	Gabus/Cibitung	-6.18333	107.06667	129	147	185	211	244	270	296	332	360
114	80	Klapanunggal	-6.45694	106.97139	115	131	165	187	217	240	264	296	321

#### IV. KESIMPULAN

Kajian terhadap analisis frekuensi secara regional di daerah DAS Jakarta terhadap data hujan ekstrim telah dilakukan. Analisis frekuensi regional terbagi menjadi 3 group yang homogen yang dilakukan dengan cara teknik cluster analisis berdasarkan karakteristik data rata-rata hujan maksimum tahunan dan koefisien variasi. Sebelum melakukan analisis frekuensi regional, terlebih dahulu dilakukan berbagai tahapan pengujian mulai dari pengujian discordancy dan heterogenitas suatu wilayah. Pada tahapan awal, data hujan tersebut diuji discordancy dan menunjukkan bahwa terdapat sekitar 5 pos hujan yang tidak lolos pengujian. Setelah dilakukan cluster analysis dan terbagi menjadi 3 group wilayah, maka dilanjutkan lagi dengan uji discordancy sehingga hasil akhirnya hanya terdapat 2 pos hujan yang tidak lolos uji yaitu pos hujan Cilincing (28d) dan Ciblagung (45). Langkah selanjutnya adalah melakukan uji heterogenitas terhadap 3 group wilayah yang dilakukan. Uji ini dilakukan dengan perbandingan data parameter statistik L moment dengan hasil simulasi data dengan menggunakan *Monte Carlo Simulation* (MCS). Hasil uji ini menunjukkan bahwa uji keheterogenitasan dari 3 group tersebut homogen sehingga dapat digunakan *flood index* dari masing-masing pos hujan untuk memprediksi curah hujan periode ulang tertentu dengan mengkalikan *growth factor* dari masing-masing groupnya. Prediksi curah hujan untuk periode ulang 2 sampai dengan 1000 tahun dilakukan dengan menggunakan distribusi *Generalized Extreme Value* (GEV). Dengan demikian, maka Pendekatan analisis frekuensi regional sangat

membantu dalam keterbatasan data untuk prediksi hujan pada periode ulang yang sangat tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hassan, B.G.H and Ping, F., 2012. Regional Rainfall Frequency Analysis for the Luanhe Basin – by Using L-moments and Cluster Techniques. *International Conference on Environmental Science and Development (ICESD 2012)*, 5-7 January 2012, Hong Kong.
- [2] Hosking, J. R. M., dan Wallis, J. R., 1986, The Value of Historical Data in Flood Frequency Analysis, *Water Resour. Res.*, 22(11), 1606–1612, doi:10.1029/WR022i011p01606.
- [3] Rostami, R., 2011. Regional Flood Frequency Analysis Based on L-Moment Approach (Case Study West Azarbayjan Basins). *Journal of Civil Engineering and Urbanism*. 3(3):107-113.
- [4] Vogel, R.M., McMahan, dan T.A., Chiew, F.H.S. 1993. Floodflow frequency model selection in Australia. *Journal of Hydrology* Volume 146, 1 June 1993, Pages 421-449
- [5] Ginting dan Putuhena, 2016. Hujan Rancangan Berdasarkan analisis frekuensi regional dengan metode TL-Momen. *Jurnal Sumber Daya Air* 2016.
- [6] Hosking, J.R.M and Wallis, J.R., 1997. *Regional Frequency Analysis: an approach based on L-moments*. Cambridge University Press.
- [7] Burn, D.H., 1989. Cluster Analysis as Applied to Regional Flood Frequency.

Journal of Water Resources Planning and  
Management (115) Doi:  
10.1061/(ASCE)0733-  
9496(1989)115:5(567)

- [8] Malekinezhad, H dan Garizi, A.Z., 2014. Regional frequency analysis of daily rainfall extremes using L-moments Approach. *Atmósfera* 27(4), 411-427 (2014)
- [9] Rao, A.R., and Hamed, K.H., 2000. *Flood Frequency Analysis*. CRC Press.