

PERSAMAAN POLA INTENSITAS HUJAN FUNGSI DARI DURASI DAN PROBABILITAS HUJAN UNTUK KAWASAN DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) BAGIAN HULU (KASUS DAS CIMANUK - JAWA BARAT)

Dede Rohmat¹, Indratmo Soekarno²

ABSTRACT

The objective of this research is to find a rainfall intensity model in the form simple equation, but can be usage to predict rainfall intensity by both random rainfall duration and probability accurately.

The final equation of rainfall intensity of the modeling result, have the form $I_{t,p}=f(t,p)$. Prediction of rainfall intensity by both random rainfall duration (t ; ours) and probability (p ; %) can be conduct by an equation is that. The general equation of rainfall intensity as function both of t and p , formulated by substitution all of quantitative (constant) values by a_1, a_2, b_1, b_2 notations as constants.

At the all group of rainfall durations, the value of rainfall intensity of modeling result ($I_{t,p}$) with empirical (I_e) have a close value. The correlations value about 0.98 until 0.99. At the all group of times periods (T) of rainfall event, the value of $I_{t,p}$ is valid. The rainfall intensity of modeling results closely with empirical data and have a pattern as same as others method pattern. By comparing with others method, correlations values $I_{t,p}$ is best at $T = 2; 3; 5; 7; \text{ and } 15$ years.

At $t > 4$ ours, there is bigger deviation relatively between $I_{t,p}$ than the calculation result of others method. That is occurring, because at the t mentioned the value of $I_{t,p}$ is an extrapolation result.

To implement the equation on others region, have need of a similar research in others region. That must be using the same of both base equation and technical analysis guidance.

Keywords : *Rainfall Equation, Rainfall Intensity, Rainfall Duration, Rainfall Probability, Upper Watershed.*

PENDAHULUAN

Terdapat tiga variable utama hujan yang hampir selalu diamati untuk berbagai kebutuhan analisa, prediksi dan perencanaan, yaitu ketebalan hujan (R), durasi hujan (t), dan distribusinya dalam ruang dan waktu.

Berdasarkan tiga variable utama ini, dapat diturunkan variable hujan lain, antara lain intensitas hujan (I) dan probabilitas hujan (p). Dalam bidang perencanaan teknis, dua variabel ini merupakan variabel yang sangat penting.

Telah dikenal metoda prediksi intensitas hujan menurut durasi dan probabilitas

¹ Pengajar Jurusan Pendidikan Geografi, FPIPS UPI, Bandung

² Pengajar Departemen Teknik Sipil, FTSP ITB, Bandung

(=periode ulang) hujan, antara lain Jenis Talbot (1881), Jenis Sherman (1905), dan Jenis Ishiguro (1953) (Subarkah, 1980). Metoda ini menyajikan prediksi intensitas hujan sebagai fungsi durasi hujan menurut kelompok periode ulang kejadian hujan. Artinya, untuk memprediksi intensitas hujan pada sejumlah x periode ulang hujan diperlukan sebanyak x persamaan (Rohmat, 2004).

Sepanjang pengetahuan penulis, sampai saat ini belum terdapat persamaan yang dapat digunakan untuk memprediksi intensitas hujan sebagai fungsi dari durasi dan probabilitas (periode ulang) hujan secara terintegrasi dalam satu persamaan. Khususnya persamaan yang berlaku untuk kawasan DAS bagian hulu.

Dalam paper ini, akan dikaji formulasi intensitas hujan berdasarkan durasi hujan dan probabilitas hujan secara terintegrasi. Diharapkan, prediksi intensitas hujan untuk sejumlah y durasi hujan dan sejumlah x periode ulang kejadian hujan, dapat dihitung dengan hanya menggunakan satu persamaan saja.

LINGKUP DAN TUJUAN

Tujuan Analisis

Tujuan kajian ini antara lain adalah memperoleh suatu model intensitas hujan dalam bentuk persamaan yang sederhana, namun dapat digunakan untuk memprediksi intensitas hujan pada sembarang durasi dan probabilitas secara fleksibel dan akurat. Model ini diharapkan akurat untuk prediksi intensitas hujan pada kawasan DAS bagian hulu, dan dapat dikembangkan untuk kawasan-kawasan lainnya.

Lingkup Analisis

Kajian formulasi intensitas hujan mencakup kajian-kajian sebagai berikut :

1. Pengujian data awal, normalisasi data, dan transformasi data.

2. Formulasi model (persamaan) intensitas hujan sebagai fungsi dari durasi hujan (t ; jam) dan probabilitas (p ; %).
3. Uji kedekatan (korelasi) antara intensitas hujan hasil pemodelan dengan intensitas hujan empirik.
4. Membandingkan nilai intensitas hujan hasil pemodelan dengan hasil perhitungan metoda lain (Talbot, Sherman, Ishiguro).

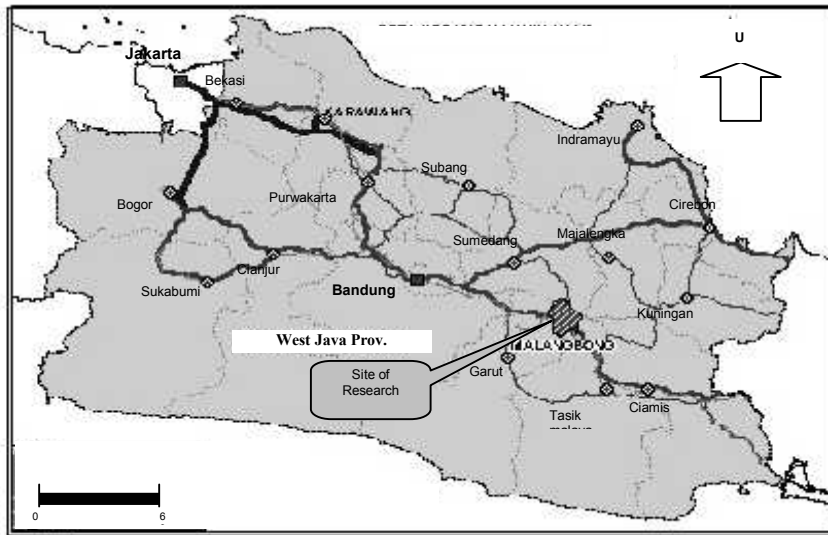
KONDISI UMUM KAWASAN KAJIAN

Kajian pola intensitas hujan dilaksanakan untuk kawasan Cekungan Kecil Cikumutuk sebagai cekungan kecil kasus. Secara administratif cekungan kecil ini terletak di Kecamatan Malangbong Kabupaten Garut Propinsi Jawa Barat (Gambar 1), dan secara geografis terletak pada $108^{\circ}14'08''$ BT - $108^{\circ}16'16''$ BT dan $06^{\circ}54'44''$ LS - $07^{\circ}01'36''$ LS. Luas Cekungan kecil sekitar 128,42 ha, dan terletak pada ketinggian 560 - 800 meter di atas permukaan laut (m dpl). Kemiringan lereng berkisar antara 15->40 %. Rata-rata hujan tahunan wilayah *Cekungan Kecil* Cikumutuk sekitar 2.676 mm per tahun (Rohmat, 2005).

Lima macam penggunaan lahan ditemukan di atas tanah tersebut yaitu palawija (*second crops*); agroforestri (*agroforestry*); lahan tidak digarap (*non arable land*), hutan (*forest*); dan permukiman (*settlement*) (Purwanto, 1999).

Palawija merupakan budidaya lahan kering dengan dominasi tanaman semusim; sedang tanaman tahunan difungsikan sebagai tanaman pelindung atau tanaman batas lahan. Jenis tanaman yang dikembangkan pada lahan ini antara lain jagung, kacang tanah, ubi jalar, padi gogo, singkong, jahe, dan cabe keriting. Secara kualitatif, penutupan lahan oleh tajuk tanaman bervariasi dari 50 % sampai dengan 90 %.

Persamaan Pola Intensitas Hujan Fungsi dari Durasi dan Probabilitas Hujan untuk Kawasan Daerah Aliran Sungai (Das) Bagian Hulu



Gambar 1. Lokasi daerah studi

Agroforestry, terdiri atas hutan rakyat dan sistem tumpang sari. Sistem hutan rakyat, adalah sistem pemanfaatan lahan dengan tanaman tahunan (100 %). Dominasi tanaman berupa Albazia dari jenis Sengon dan Sengon Buto, dengan jarak tanam masing-masing sekitar 2 x 3 meter dan 5 x 5 meter. Penutupan lahan mencapai 80 - 100 %. Pada sistem tumpang sari, tanaman tahunan yang ditemukan adalah cengkih dan sengon, dengan jarak tanam sekitar 10 x 10 meter. Tanaman semusim yang tumbuh di antara tanaman cengkih adalah cabe, sedangkan di antara tanaman sengon adalah jagung dan singkong. Penutupan lahan ini sekitar 70 %.

Pada Lahan yang tidak digarap, tersebar tumbuhan dominan berupa semak dari alang-alang dengan penutupan lahan 100 %.

Hutan (Kayu Campuran), merupakan lahan yang didominasi tanaman tahunan dari jenis kayu-kayuan dan difungsikan sebagai hutan lindung. Di bawah tegakan tumbuh tanaman perdu, semak, dan rumput liar. Dengan demikian, lahan tertutup rapat oleh tajuk tanaman (100 %).

Permukiman di lokasi penelitian umumnya mempunyai halaman bermain dan budidaya tanaman pekarangan. Penutupan lahan di areal permukiman sekitar 30 – 40 %.

Pada kawasan ini terdapat instalasi station pengamat cuaca yang memiliki peralatan cukup representatif. Fluviograf (penakar hujan otomatis) terpasang baik dan diamati setiap saat. Sebagai pembanding juga terpasang Penakar Hujan Manual. Alat lainnya berupa Anemometer (alat pengukur kecepatan angin), Thermometer (alat pengukur suhu), Barograf (alat pengukur tekanan udara), Hygrograf (alat pengukur kelembaban), Pan Evaporimeter (alat pengukur evaporasi), dan alat-alat lain terpasang cukup baik.

PENGUMPULAN DATA

Berdasarkan hasil pembacaan rekaman hujan selama 3 tahun yang tercatat pada kertas pias yang dipasang pada alat pencatat hujan otomatis (Fluviograf), diperoleh 202 buah data dasar kejadian hujan. Data terdiri atas dua variabel yaitu

data ketebalan hujan (R_i) dan durasi hujan (t_i).

Berdasarkan data tersebut kemudian dihitung intensitas hujannya menurut persamaan (1) :

$$I_i = \frac{R_i}{t_i} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan

I_i = Intensitas hujan pada durasi hujan tertentu

R_i = Curah hujan (mm) pada durasi hujan tertentu

t_i = Durasi pada suatu kejadian hujan (jam)

Data intensitas hujan dikelompokkan berdasarkan durasi hujan (t) = 0,25 jam, sebanyak 30 data; 0,5 jam (40 data); 1 jam (49 data); 2 jam (49 data); 4 jam (28 data); dan 6 jam (6 data). Intensitas hujan pada $t = 6$ jam karena jumlahnya tidak memadai (hanya 6 kejadian hujan) tidak disertakan dalam analisis. Sehingga untuk tahap analisis berikutnya, terdapat 196 buah data intensitas hujan.

Prosedur Analisis Data

Analisis dilakukan terhadap data yang telah dikelompokkan berdasarkan durasinya. Rangkaian tahapan analisis untuk memperoleh model (persamaan) intensitas hujan adalah:

- 1) *Uji homogenitas data*; data yang bersifat *outliers* dikeluarkan dari analisis. Berdasarkan proses ini diperoleh 161 data yang siap analisis.
- 2) *Uji normalitas data*; dilakukan untuk melihat apakah data tersebar secara normal atau tidak. Jika tersebar secara normal, maka dilakukan transformasi semilog. Dalam hal ini dilakukan transformasi logaritma bilangan dasar 10 terhadap data intensitas hujan.
- 3) *Pengurutan data*. Pada setiap kelompok durasi hujan, intensitas hujan diurutkan

dari intensitas tinggi ke intensitas rendah (*decending*)

- 4) Penghitungan probabilitas hujan dengan menggunakan persamaan (2).

$$p = \frac{m}{N + 1} \cdot 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Dengan p adalah probabilitas hujra (%); m adalah nomor urut intensitas hujan pada kelompok durasi hujan yang telah diurutkan secara *decending*; dan N adalah banyaknya data pada kelompok durasi hujan. Lampiran A, menyajikan data yang telah diurutkan, ditransformasi, dan dihitung probabilitasnya.

- 5) Formulasi persamaan hubungan antara probabilitas hujan dengan intensitas hujan, untuk masing-masing kelompok durasi hujan, sehingga diperoleh persamaan $I_i=f(p)$.
- 6) Menghitung nilai proyeksi intensitas hujan untuk nilai probabilitas tertentu. Dalam hal ini dihitung untuk $p = 5$ sampai dengan 95 % dengan interval 5 %, sehingga diperoleh nilai proyeksi intensitas hujan menurut nilai interval probabilitas hujan tersebut pada masing-masing kelompok t .
- 7) Formulasi persamaan linier antara intensitas hujan sebagai fungsi dari t pada setiap nilai interval probabilitas hujan. Guna memperoleh pola hubungan yang baik, durasi hujan t , ditransformasi menjadi $(1/t)$. Diperoleh hubungan linier $I_p=a+b.(1/t)$.
- 8) Nilai koefisien a dan b dari persamaan (hubungan) linier diatas dikelompokkan berdasarkan nilai interval probabilitas.
- 9) Formulasi hubungan antara : (A) p dengan koefisien a ; dan (B) p dengan koefisien b . Dalam hal ini bentuk hubungan bersifat hubungan eksponensial.

- 10) Menyusun persamaan akhir, mencakup substitusi persamaan (A) dan (B) ke dalam bentuk persamaan $I_p = a + b.(1/t)$; dan menyederhanakannya, diperoleh $I_{t,p} = f(t,p)$.
- 11) Uji validasi data, dilakukan melalui dua cara, yaitu : membandingkan intensitas hujan hasil model dengan intensitas hujan empirik (I_e) sebagai data dasar; dan membandingkan intensitas hujan hasil model dengan hasil perhitungan metoda lain yang sudah ada (Talbot, Sherman, dan Ishiguro).

Prosedur formulasi intensitas hujan disajikan dalam bentuk bagan alir proses Gambar 2.

FORMULASI INTENSITAS HUJAN SEBAGAI FUNGSI PROBABILITAS

Berdasarkan Lampiran A, dianalisis pola hubungan antara Log I dengan probabilitas hujan pada masing-masing kelompok durasi hujan (t). Hubungan antara kedua variabel hujan tersebut merupakan hubungan linier. Retransformasi terhadap persamaan linier tersebut menghasilkan persamaan-persamaan berikut :

- a $t = 0,25$ jam
 $I_{0,25} = 10^{(-0,0115.p + 1,437)}$ (3)
- b $t = 0,50$ jam
 $I_{0,5} = 10^{(-0,0121.p + 1,219)}$ (4)
- c $t = 1,00$ jam
 $I_1 = 10^{(-0,0135.p + 1,119)}$ (5)
- d $t = 2,00$ jam
 $I_2 = 10^{(-0,0148.p + 1,118)}$ 6)
- e $t = 4,00$ jam
 $I_4 = 10^{(-0,0172.p + 0,091)}$ (7)

Persamaan (3) sampai dengan persamaan (7) diekspresikan lebih jelas oleh (Gambar 3).

FORMULASI INTENSITAS HUJAN FUNGSI DARI LAMA HUJAN DAN PROBABILITAS

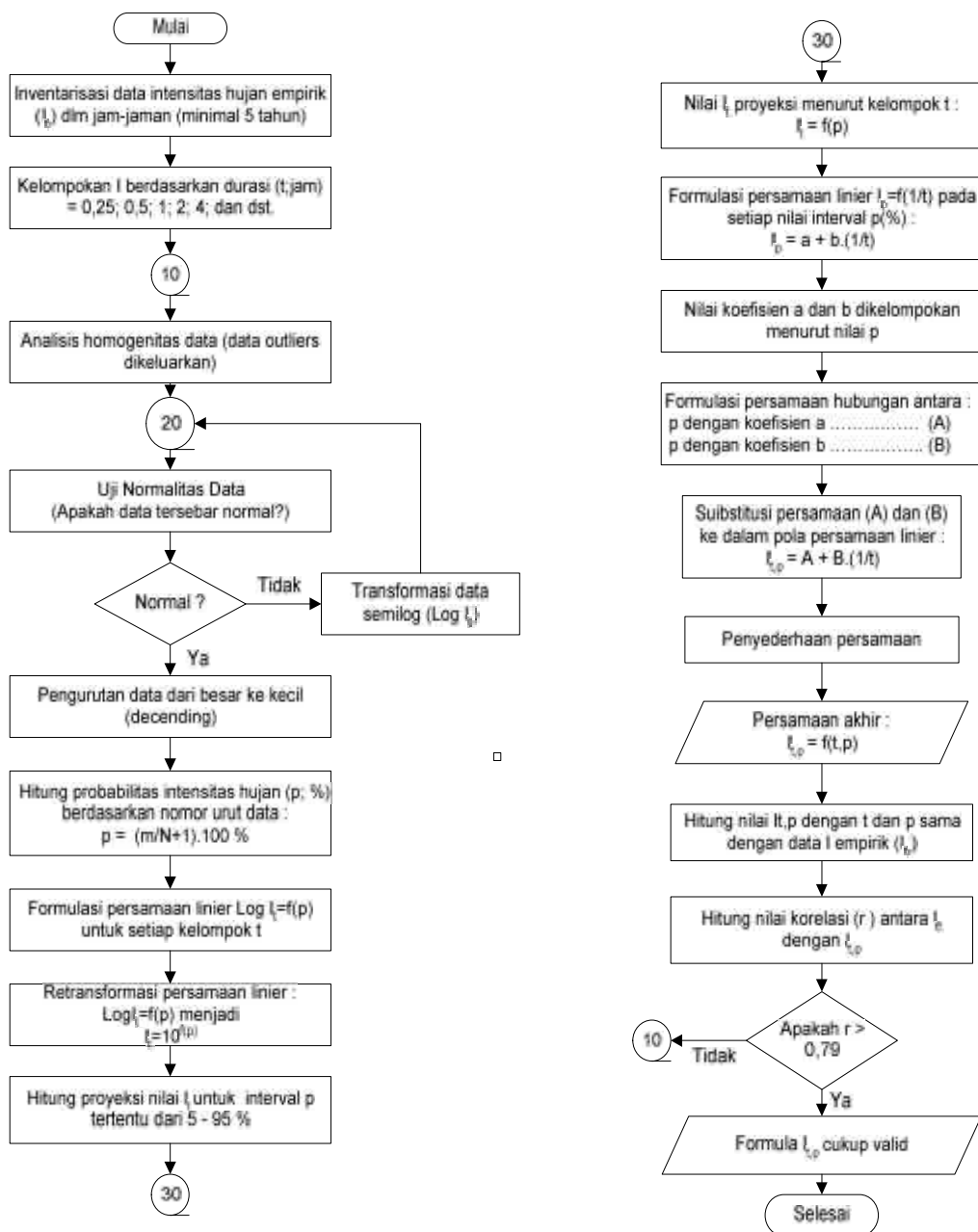
Pada persamaan (3) sampai dengan (7) disubstitusikan nilai probabilitas hujan antara 5 % sampai dengan 95 % dengan interval 5 % (19 nilai p). Hasil perhitungan diperoleh proyeksi nilai intensitas hujan sebagai fungsi probabilitas hujan (I_p) (lihat Lampiran B). Tahap berikutnya dilakukan analisis terhadap Lampiran B. Nilai proyeksi intensitas hujan dianalisis hubungannya dengan durasi hujan pada setiap nilai interval probabilitas hujan. Proses ini kebalikan dari Bagian 5 di atas.

Jika nilai I_p pada probabilitas yang sama, diplot pada sumbu Y dan nilai $\frac{1}{t}$ diplot pada sumbu X, ternyata antara I_p dengan $\frac{1}{t}$ membentuk garis-garis lurus. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa antara I_p dengan $\frac{1}{t}$ mempunyai hubungan linier.

Sesuai dengan jumlah interval nilai p, maka terdapat 19 buah persamaan linier yang terbentuk. Persamaan-persamaan linier tersebut mempunyai bentuk persamaan dasar:

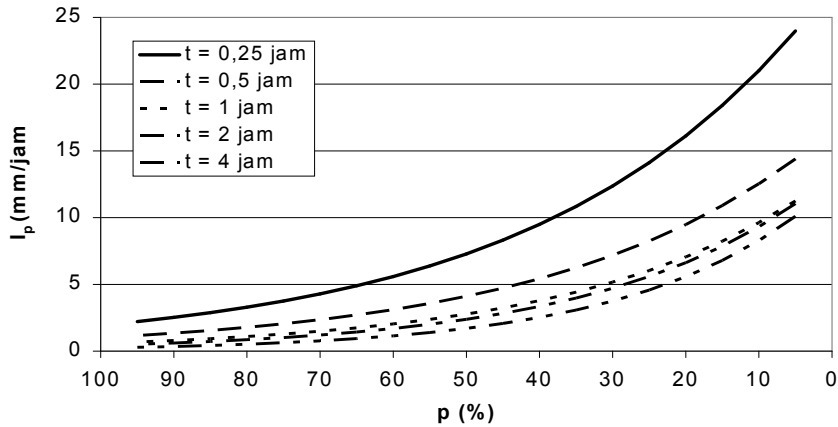
$$I = A \pm B \frac{1}{t} \text{ (8)}$$

Dari 19 buah persamaan terdapat 19 buah nilai- koefisien A dan 19 buah koefisien B. Nilai koefisien A dan B tersebut dikelompokan berdasarkan nilai interval probabilitas hujan (Tabel 1).



Gambar 2. Bagan prosedur analisis formulasi intensitas hujan (It,p) sebagai fungsi dari durasi (t) dan probabilitas (p) hujan

Persamaan Pola Intensitas Hujan Fungsi dari Durasi dan Probabilitas Hujan untuk Kawasan Daerah Aliran Sungai (Das) Bagian Hulu



Gambar 3. Intensitas hujan (I_p ; mm/jam) fungsi dari probabilitas hujan (p ; %) pada durasi hujan (t ; jam) tertentu.

Tabel 1. Nilai-nilai koefisien A dan B dari persamaan linier $I_p = f\left(\frac{1}{t}\right)$

P	A	B
5	8,4434	3,6891
10	6,9504	3,3601
15	5,7167	3,0499
20	4,6976	2,7601
25	3,8563	2,4913
30	3,1621	2,2433
35	2,5897	2,0157
40	2,118	1,8077
45	1,7295	1,6185
50	1,4099	1,4468
55	1,1472	1,2914
60	0,9314	1,1513
65	0,7544	1,0252
70	0,6094	0,9119
75	0,4908	0,8103
80	0,3938	0,7194
85	0,3147	0,6382
90	0,2504	0,5657
95	0,1981	0,501

Data pada Tabel 1 dianalisis lebih lanjut dengan mencari hubungan, masing-masing antara probabilitas dengan nilai koefisien A; dan probabilitas dengan koefisien B.

Hasil analisis menunjukkan bahwa hubungan probabilitas (p ; %) dengan koefisien A dan B merupakan hubungan eksponensial (Gambar 4).

Persamaan garis yang terbentuk antara p dengan A disajikan pada persamaan (9), dan hubungan antara p dengan b disajikan persamaan (10).

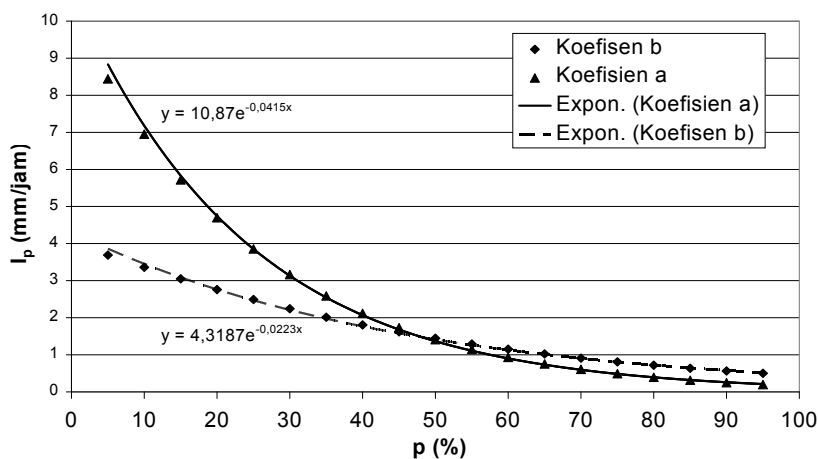
$$A = 10,87e^{-0,0415.p} \dots\dots\dots(9)$$

$$B = 4,3187e^{-0,0223.p} \dots\dots\dots(10)$$

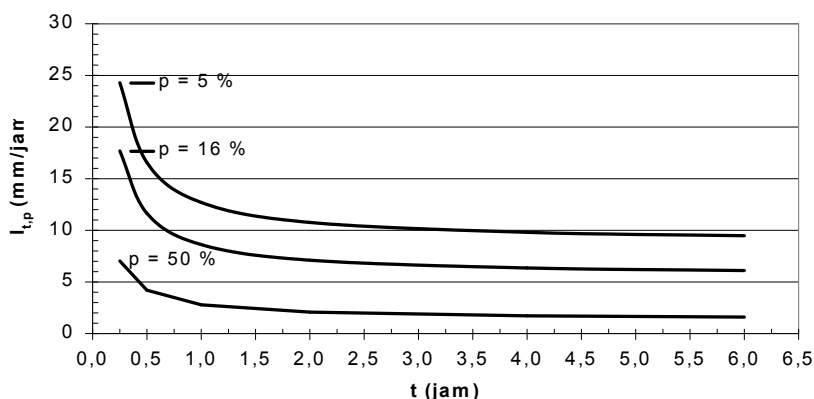
Substitusi persamaan (9) dan persamaan (10) ke dalam persamaan (8), menghasilkan suatu formula intensitas hujan sebagai fungsi dari lama hujan (t) dan probabilitas (p) (persamaan (11)).

$$I_{t,p} = 10,87e^{-0,0415.p} + 4,319e^{-0,0223.p} \frac{1}{t} \dots\dots(11)$$

Persamaan (11) ini merupakan persamaan akhir pola intensitas hujan untuk kawasan DAS Bagian Hulu.



Gambar 4. Hubungan probabilitas dengan nilai koefisien a dan nilai koefisien b



Gambar 5. Intensitas hujan model ($I_{t,p}$; mm/jam) pada menurut durasi hujan (t ; jam), pada $p=50$, 16, dan 5 %

Dalam data yang tersebar normal, nilai probabilitas (p) 50 % merupakan nilai rata-rata; nilai $p = 16$ % adalah nilai rata-rata ditambah standar deviasi; dan nilai $p = 5$ % merupakan nilai ekstrim. Dengan menggunakan persamaan (11), dihitung intensitas hujan pada tiga nilai p tersebut menurut durasi hujan (t) 0,25; 0,5; 1; 2; 4; dan 6 jam (lihat Gambar 5).

VALIDASI PERSAMAAN

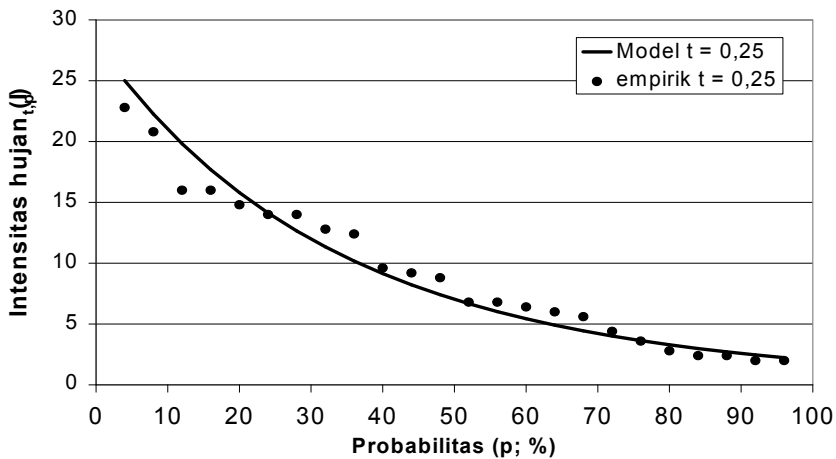
Validasi persamaan dilakukan melalui dua cara, yaitu membandingkan dengan intensitas hujan empirik (hasil pengukuran; I_e), dan membandingkan dengan hasil perhitungan metoda lain yang telah ada.

Perbandingan dengan Intensitas Hujan Emprik (I_e)

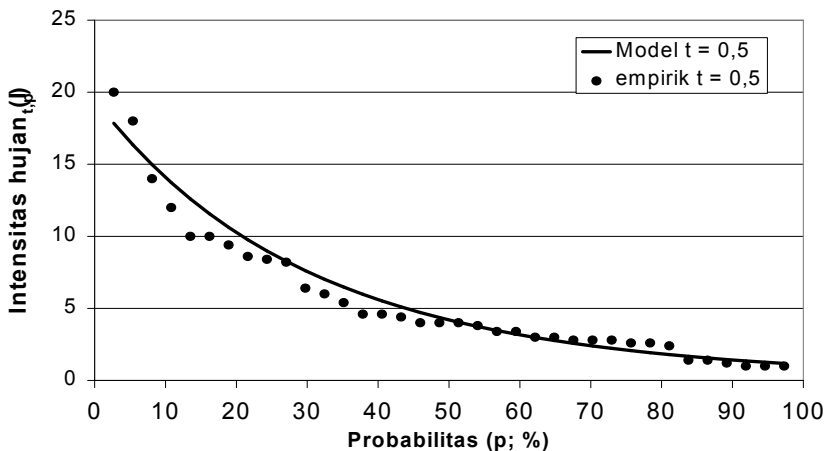
Berdasarkan persamaan (11) dihitung nilai intensitas hujan model ($I_{t,p}$) pada durasi hujan (t ; jam) dan probabilitas hujan (p ; %) yang sama dengan t dan p data empirik..

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa antara $I_{t,p}$ dengan I_e pada semua kelompok durasi hujan mempunyai nilai yang sangat

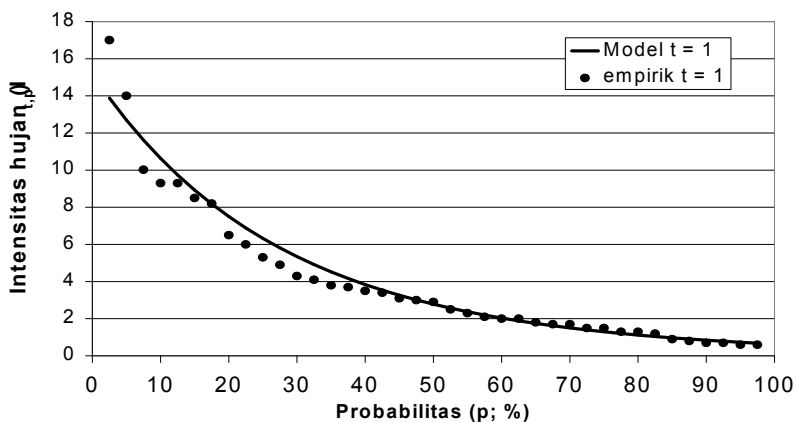
mendekati. Hal ini ditunjukkan oleh nilai korelasi antara keduanya. Nilai korelasi tersebut berkisar antara 0,98 dan 0,99. Nilai korelasi 0,98 terdapat pada $t = 0,15$ jam; $t = 0,5$ jam; $t = 1$ jam; dan $t = 4$ jam, sedangkan nilai korelasi 0,99 terdapat pada $t = 2$ jam. Lebih jelas mengenai perbandingan kedua nilai Intensitas tersebut disajikan pada Gambar 6(a) sampai dengan 6(e).



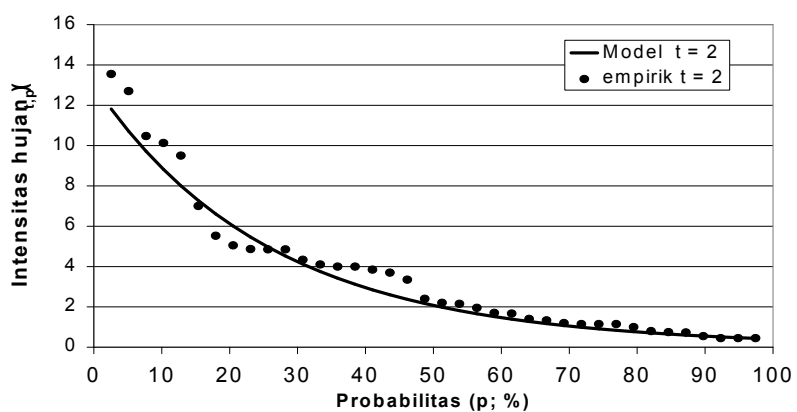
(a) $t = 0,25$ jam



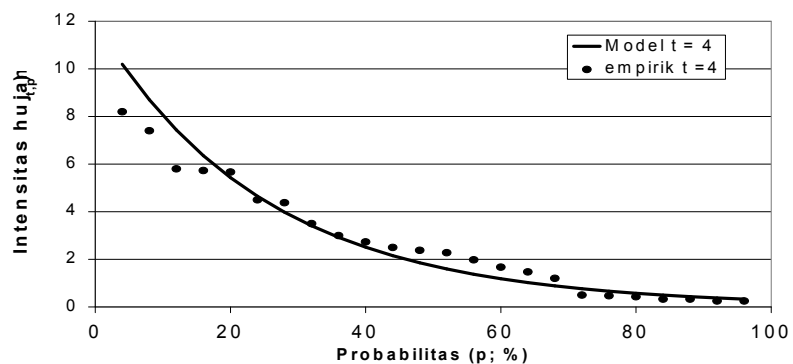
(b) $t = 0,5$ jam



(c) t = 1 jam



(d) t = 2 jam



(e) t = 4 jam

Gambar 6. Perbandingan antara Intensitas hasil pemodelan ($I_{t,p}$) dengan intensitas hujan empirik (I_e), pada t (jam)=0,25; 0,5; 1; 2; dan 4.

Perbandingan dengan Hasil Perhitungan Metode Lain

A. Tinjauan terhadap Formula Pola Intensitas Hujan yang Telah Ada

Terdapat tiga metode/jenis yang akan dikemukakan, yaitu Jenis Talbot (1881) persamaan (12); Sherman (1905) persamaan (13), dan Ishiguro (1957) persamaan (14).

$$I = \frac{a'}{t + b} \dots\dots\dots (12)$$

$$I = \frac{a}{t^n} \dots\dots\dots (13)$$

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b} \dots\dots\dots (14)$$

dengan :

- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- t = Durasi hujan dalam menit atau jam
- a', a, b, n = Tetapan

Intensitas hujan ditentukan berdasarkan sejumlah data curah hujan dan durasi hujan. Durasi hujan yang dibutuhkan adalah (t_i) 0,25; 0,50; 1,00; 1,50; 2,00; 3,00; 4,00; 5,00 dan 7,00 jam.

Pola intensitas hujan Jenis Talbot (persamaan (12)) menghendaki tetapan a' dan b. Nilai tetapan ini dihitung dari data intensitas hujan dengan menggunakan pendekatan regresi linier sederhana (Rohmat, 2002).

$$I = \frac{a'}{t + b}$$

I.t + I.b = a'; atau

I.t = a' - b.X

Persamaan ini adalah persamaan umum Regresi Linier Sederhana:

Y = A + B.X (15)

dengan

Y = I.t ; A = a' ; dan B = b

Pola intensitas hujan Jenis Sherman (persamaan (13)) menghendaki tetapan a dan n. Nilai tetapan ini dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$I = \frac{a}{t^n}, \text{ sama dengan :}$$

log I. = log a - n log t

Persamaan ini adalah persamaan umum Regresi Linier Sederhana (persamaan (15)):

dengan Y= log I; A = log a; dan B=n

Pola intensitas hujan Jenis Ishiguro (Persamaan (14)) menghendaki tetapan a dan b. Nilai tetapan ini dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b}, \text{ sama dengan :}$$

I.t^{0,5} + I.b = a ; atau It^{0,5} = a - b.I

Persamaan ini adalah persamaan umum Regresi Linier Sederhana (persamaan (15)):

dengan Y = I.t^{0,5}; A = a; dan B = b

Penyelesaian persamaan umum regresi linier sederhana dengan mudah dapat dilakukan secara manual dengan menggunakan persamaan umum penyelesaian regresi linier sederhana (persamaan (16a dan 16b), atau dengan perangkat software worksheet (exel) atau sejenisnya.

$$a = \frac{(\sum X_i)(\sum X_i^2) - (\sum X_i)(\sum X_i Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \dots\dots\dots (16a)$$

$$b = \frac{(n \sum X_i Y_i)(\sum X_i^2) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \dots\dots\dots (16b)$$

B. Perbandingan Intensitas Hujan antar Metode

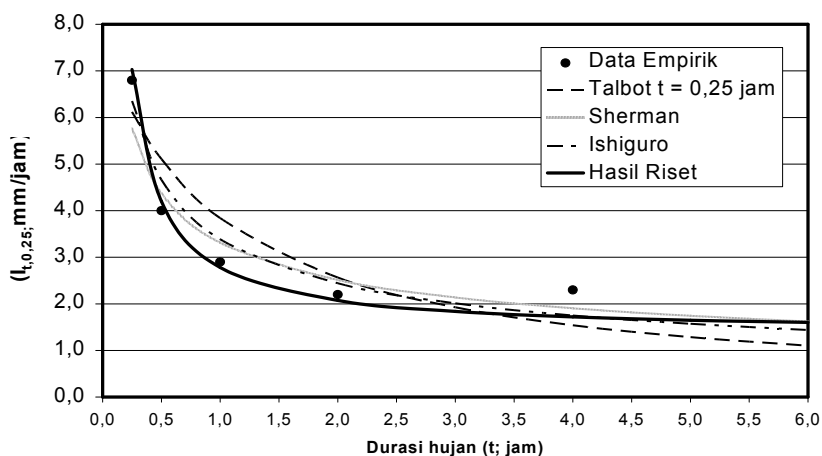
Perhitungan pola intensitas Jenis Talbot, Sherman, dan Ishiguro dilakukan berdasarkan metode seperti yang dikemukakan pada Bagian 7.2 A di atas.

Hasil-hasil perhitungan menurut ketiga metode di atas, bersama-sama dengan hasil perhitungan intensitas hujan berdasarkan persamaan (11) disajikan dalam satu gambar. Hasil perhitungan yang disatukan

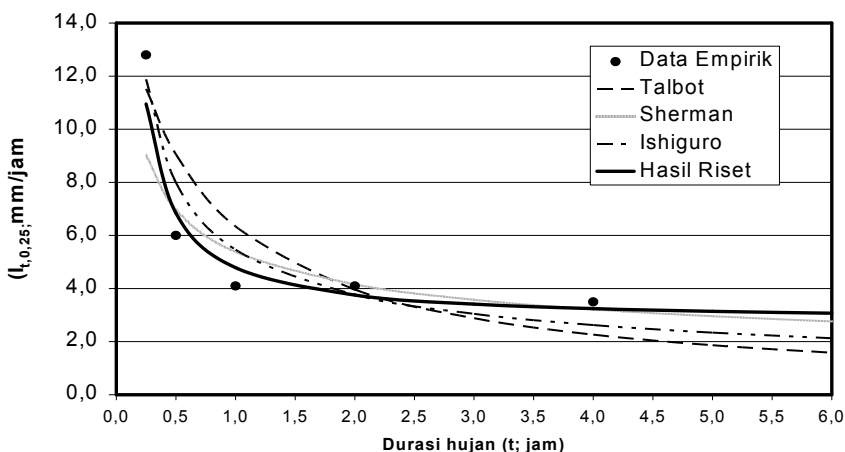
adalah perhitungan pada kelompok periode ulang (T) atau probabilitas (p) yang sama. Dimana hubungan antara T dengan p diekspresikan oleh persamaan (17).

$$p = \frac{1}{T} \cdot 100\% \dots\dots\dots(17)$$

Dengan cara ini nampak jelas persamaan dan perbedaan antar metode tersebut. Lebih jelas lihat pada Gambar 7(a) sampai dengan Gambar 7(g).

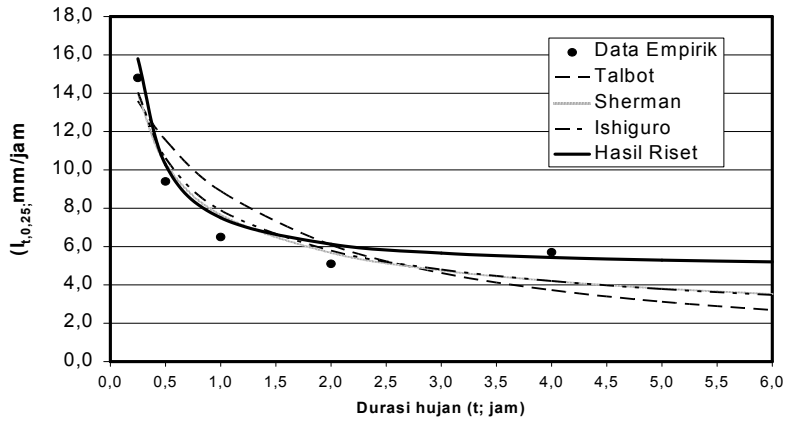


(a) T = 2 tahun atau p = 50 %

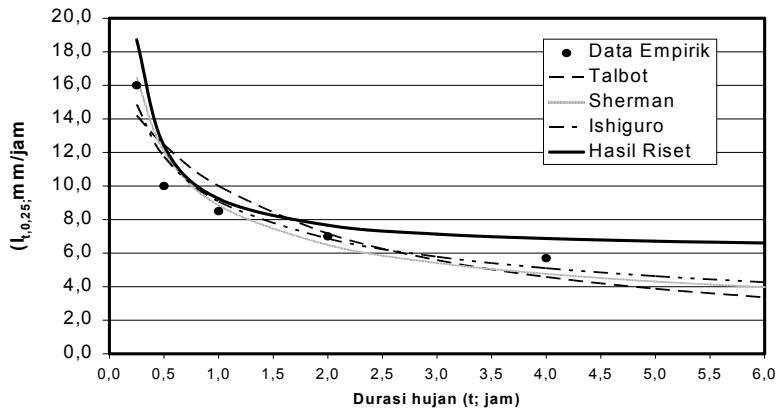


(b) T = 3 tahun atau p = 33 %

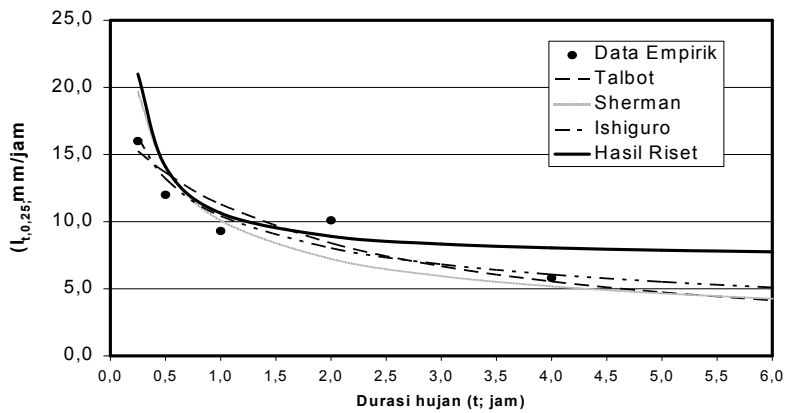
Persamaan Pola Intensitas Hujan Fungsi dari Durasi dan Probabilitas Hujan untuk Kawasan Daerah Aliran Sungai (Das) Bagian Hulu



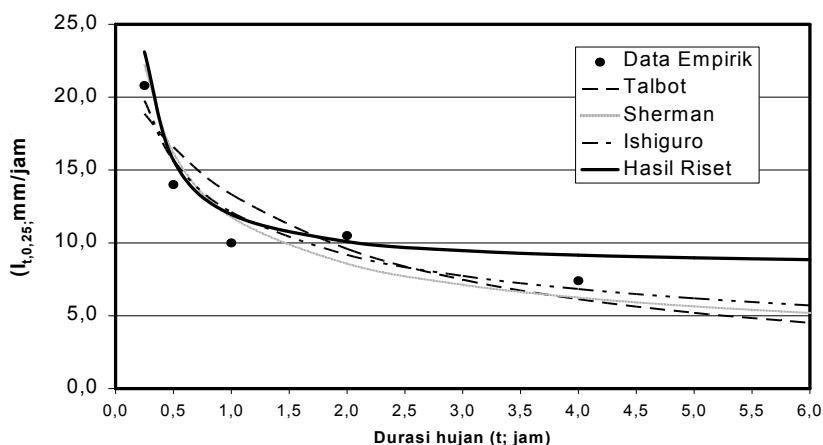
(c) $T = 5$ tahun atau $p = 20\%$



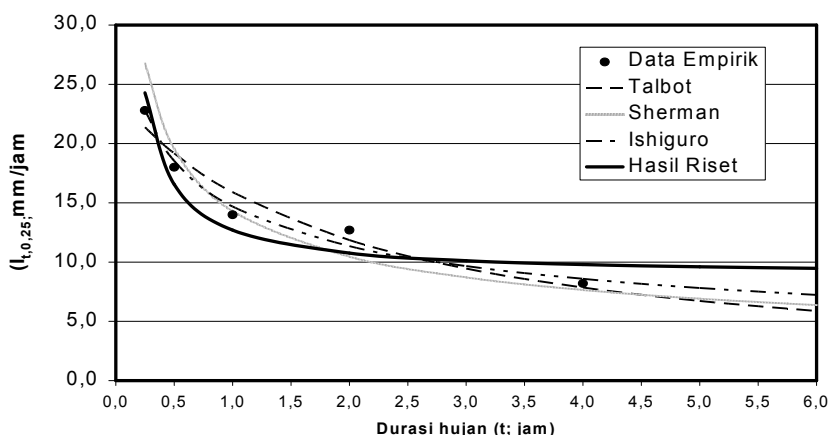
(d) $T = 7$ tahun atau $p = 14\%$



(e) $T = 10$ tahun atau $p = 10\%$



(f) T = 15 tahun atau p = 7 %



(g) T = 20 tahun atau p = 5 %

Gambar 7. Perbandingan intensitas hujan model ($I_{t,p}$), dengan metode lain (Talbot, Sherman, dan Ishiguro) menurut t (jam) pada kelompok T (tahun).

Berdasarkan grafik-grafik di atas nampak bahwa intensitas hujan hasil pemodelan (persamaan (11)) atau $I_{t,p}$, cukup valid. Nilai hitungnya mendekati data intensitas empirik dan mempunyai pola yang hampir sama dengan metode lain, terutama untuk $t = 0,25$ jam sampai dengan $t = 4$ jam. Simpangan yang cukup besar antara $I_{t,p}$ dengan hasil perhitungan metode lain pada $t > 4$ jam dapat dipahami, karena pada t

tersebut hasil perhitungan bersifat ekstrapolasi.

C. Perbandingan Nilai Korelasi

Validitas persamaan akhir pola intensitas hujan untuk kawasan DAS Bagian Hulu hasil formulasi (persamaan (11)), selain ditunjukkan oleh angka prediksi dan pola intensitas hujan yang sama dengan data

*Persamaan Pola Intensitas Hujan Fungsi dari Durasi dan Probabilitas Hujan
untuk Kawasan Daerah Aliran Sungai (Das) Bagian Hulu*

empirik dan metode lain, juga diperkuat oleh hasil perhitungan nilai korelasi.

Angka korelasi intensitas hujan hasil pemodelan ($I_{t,p}$) dengan data empirik berkisar antara 0,93 sampai dengan 0,99. Angka korelasi terbesar (0,99) terdapat pada $T = 2; 5; 7$ tahun.

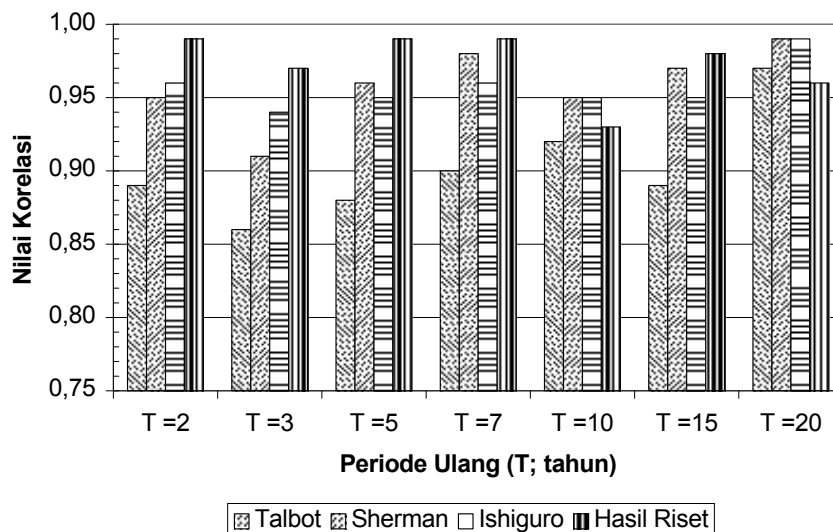
Jika dibandingkan dengan metode lain nilai korelasi hasil pemodelan terbaik pada $T =$

2; 3; 5; 7; dan 15 tahun. Nilai korelasi secara lengkap lihat Tabel 2. Perbandingan nilai korelasi antara metode lebih jelas dapat dilihat Gambar 8.

Nilai korelasi ini sangat berkaitan dengan jumlah dan akurasi data dasar. Semakin baik dan semakin banyak data, maka hasil prediksi intensitas hujan akan semakin baik dan mendekati nilai sebenarnya.

Tabel 2. Nilai korelasi masing-masing metode pada kelompok periode ulang (T) hujan.

Metoda	Periode Ulang ($T =$ tahun)						
	T =2	T=3	T =5	T=7	T= 10	T =15	T= 20
Talbot	0,89	0,86	0,88	0,9	0,92	0,89	0,97
Sherman	0,95	0,91	0,96	0,98	0,95	0,97	0,99
Ishiguro	0,96	0,94	0,95	0,96	0,95	0,95	0,99
Hasil Riset	0,99	0,97	0,99	0,99	0,93	0,98	0,96



Gambar 8. Perbandingan koefisien korelasi antar metode pada kelompok (T) hujan.

KESIMPULAN

1. Persamaan akhir pola intensitas hujan hasil pemodelan adalah :

$$I_{t,p} = 10,87e^{-0,0415 \cdot p} + 4,319e^{-0,00223 \cdot p} \frac{1}{t}$$

dengan $I_{t,p}$ adalah intensitas hujan (mm/jam); t adalah durasi hujan (jam); dan p adalah probabilitas hujan (%).

Prediksi intensitas hujan ($I_{t,p}$) pada sembarang durasi hujan (t ; jam) dan probabilitas hujan (p ; %) dapat dilakukan dengan menggunakan satu persamaan ini.

2. Persamaan pola intensitas hujan hasil pemodelan tersebut, dapat diformulasikan ulang menjadi persamaan umum intensitas hujan sebagai fungsi dari t dan p secara intergral dalam bentuk.

$$I_{t,p} = a_1 e^{a_2 \cdot p} + b_1 e^{b_2 \cdot p} \frac{1}{t}$$

dengan $I_{t,p}$ adalah intensitas hujan (mm/jam); t adalah durasi hujan (jam); p adalah probabilitas hujan (%); a_1 , a_2 , b_1 , b_2 adalah tetapan-tetapan yang diperoleh dengan prosedur perhitungan sebagaimana telah dikemukakan (Gambar 2).

3. Pada semua kelompok durasi hujan, nilai intensitas hujan hasil pemodelan ($I_{t,p}$) dan intensitas hujan empirik (I_e) mempunyai nilai yang sangat dekat. Nilai korelasi antara keduanya berkisar antara 0,98 dan 0,99. Nilai korelasi 0,98 terdapat pada $t = 0,15$ jam; $t = 0,5$ jam; $t = 1$ jam; dan $t = 4$ jam, sedangkan nilai korelasi 0,99 terdapat pada $t = 2$ jam.
4. Pada semua kelompok periode ulang kejadian hujan (T), nilai intensitas hujan hasil pemodelan ($I_{t,p}$), cukup valid. Nilai hasil perhitungannya mendekati data

intensitas empirik dan mempunyai pola yang hampir sama dengan metode lain, terutama untuk $t = 0,25$ jam sampai dengan $t = 4$ jam. Dibandingkan dengan metode lain nilai korelasi hasil pemodelan terbaik pada $T = 2; 3; 5; 7$; dan 15 tahun.

5. Simpangan yang relatif besar antara $I_{t,p}$ dengan intensitas hujan hasil perhitungan metode lain terdapat pada $t > 4$ jam. Hal ini dapat dipahami karena pada t tersebut, $I_{t,p}$ bersifat ekstrapolasi.

REKOMENDASI

Persamaan ini dikembangkan pada lingkup salah satu kawasan DAS Bagian Hulu di Jawa Barat, agar dapat berlaku umum untuk kawasan lainnya diperlukan suatu kajian serupa di kawasan-kawasan lain. Namun demikian, oleh karena persamaan ini dikembangkan dengan pendekatan statistik terhadap data empirik, maka persamaan umum dan prosedur perhitungan dapat digunakan sebagai persamaan dasar dan pedoman analisis.

DAFTAR PUSTAKA

- Purwanto, E. (1999), *Erosion, sediment delivery and soil conservation in an upland agricultural catchment in West Java, Indonesia; a hydrological approach in a socio-economic context*. Academisch Proefschrift, Vrije Universiteit te Amsterdam.
- Rohmat Dede (2002), *Formulasi pola intensitas hujan berdasarkan kejadian hujan durasi pendek (contoh kasus untuk DAS Cimanuk Hulu)*, Yayasan Geofera, Bandung.
- Rohmat Dede dan Indratmo Soekarno (2004), *Pendugaan limpasan hujan pada cekungan kecil melalui pengembangan*

*Persamaan Pola Intensitas Hujan Fungsi dari Durasi dan Probabilitas Hujan
untuk Kawasan Daerah Aliran Sungai (Das) Bagian Hulu*

persamaan infiltrasi kolom tanah (Kasus di cekungan kecil Cikumutuk DAS Cimanuk Hulu); Makalah PIT HATHI XXI, Sept.-Okt. 2004, Denpasar-Bali.

Rohmat Dede, A. Aziz Djajaputra, Sudarto Notosiswoyo, Indratmo Soekarno (2005), *Model infiltrasi kolom tanah untuk menduga limpasan hujan pada cekungan kecil di DAS bagian Hulu (kasus Cekungan Kecil Cikumutuk DAS Cimanuk Hulu)*, Disertasi Doktor, Teknik Sipil, FTSP, ITB.

Subarkah Iman (1980), *Hidrologi untuk perencanaan bangunan air*, Idea Dharma Bandung.

NOTASI

DAS Daerah Aliran Sungai

a_1, a_2, b_1, b_2	Tetapan-tetapan dalam persamaan umum intensitas hujan hasil pemodelan
a', a, b, n	Tetapan-tetapan untuk pola intensitas hujan Talbot, Sherman, dan Ishiguro
I	Intensitas hujan (mm/jam)
$I_{t,p}$	Intensitas hujan model (mm/jam)
I_e	Intensitas hujan empiric
m	Nomor urut data hujan pada kelompok durasi kejadian hujan
N	Banyaknya data hujan pada kelompok durasi kejadian hujan
p	Probabilitas hujan (%)
t	Durasi hujan (jam)
T	Perode ulang kejadian hujan (tahun)

Lampiran A. Data variable hujan sebagai dasar formulasi

No	Urutan ke	t (jam)	I (mm/jam)	log I	p (%)	No	Urutan ke	t (jam)	I (mm/jam)	log I	p (%)
1	1	0,25	22,80	1,36	4,00	82	22	1,00	2,30	0,36	55,00
2	2	0,25	20,80	1,32	8,00	83	23	1,00	2,10	0,32	57,50
3	3	0,25	16,00	1,20	12,00	84	24	1,00	2,00	0,30	60,00
4	4	0,25	16,00	1,20	16,00	85	25	1,00	2,00	0,30	62,50
5	5	0,25	14,80	1,17	20,00	86	26	1,00	1,80	0,26	65,00
6	6	0,25	14,00	1,15	24,00	87	27	1,00	1,70	0,23	67,50
7	7	0,25	14,00	1,15	28,00	88	28	1,00	1,70	0,23	70,00
8	8	0,25	12,80	1,11	32,00	89	29	1,00	1,50	0,18	72,50
9	9	0,25	12,40	1,09	36,00	90	30	1,00	1,50	0,18	75,00
10	10	0,25	9,60	0,98	40,00	91	31	1,00	1,30	0,11	77,50
11	11	0,25	9,20	0,96	44,00	92	32	1,00	1,30	0,11	80,00
12	12	0,25	8,80	0,94	48,00	93	33	1,00	1,20	0,08	82,50
13	13	0,25	6,80	0,83	52,00	94	34	1,00	0,90	-0,05	85,00
14	14	0,25	6,80	0,83	56,00	95	35	1,00	0,80	-0,10	87,50
15	15	0,25	6,40	0,81	60,00	96	36	1,00	0,70	-0,15	90,00
16	16	0,25	6,00	0,78	64,00	97	37	1,00	0,70	-0,15	92,50
17	17	0,25	5,60	0,75	68,00	98	38	1,00	0,60	-0,22	95,00
18	18	0,25	4,40	0,64	72,00	99	39	1,00	0,60	-0,22	97,50
19	19	0,25	3,60	0,56	76,00	100	1	2,00	13,55	1,13	2,56
20	20	0,25	2,80	0,45	80,00	101	2	2,00	12,70	1,10	5,13
21	21	0,25	2,40	0,38	84,00	102	3	2,00	10,47	1,02	7,69
22	22	0,25	2,40	0,38	88,00	103	4	2,00	10,13	1,01	10,26
23	23	0,25	2,00	0,30	92,00	104	5	2,00	9,50	0,98	12,82
24	24	0,25	2,00	0,30	96,00	105	6	2,00	7,00	0,85	15,38
25	1	0,50	20,00	1,30	2,70	106	7	2,00	5,53	0,74	17,95
26	2	0,50	18,00	1,26	5,41	107	8	2,00	5,05	0,70	20,51
27	3	0,50	14,00	1,15	8,11	108	9	2,00	4,87	0,69	23,08
28	4	0,50	12,00	1,08	10,81	109	10	2,00	4,85	0,69	25,64

No	Urutan ke	t (jam)	I (mm/jam)	log I	p (%)	No	Urutan ke	t (jam)	I (mm/jam)	log I	p (%)
29	5	0,50	10,00	1,00	13,51	110	11	2,00	4,85	0,69	28,21
30	6	0,50	10,00	1,00	16,22	111	12	2,00	4,33	0,64	30,77
31	7	0,50	9,40	0,97	18,92	112	13	2,00	4,10	0,61	33,33
32	8	0,50	8,60	0,93	21,62	113	14	2,00	4,00	0,60	35,90
33	9	0,50	8,40	0,92	24,32	114	15	2,00	4,00	0,60	38,46
34	10	0,50	8,20	0,91	27,03	115	16	2,00	3,85	0,59	41,03
35	11	0,50	6,40	0,81	29,73	116	17	2,00	3,70	0,57	43,59
36	12	0,50	6,00	0,78	32,43	117	18	2,00	3,35	0,53	46,15
37	13	0,50	5,40	0,73	35,14	118	19	2,00	2,40	0,38	48,72
38	14	0,50	4,60	0,66	37,84	119	20	2,00	2,20	0,34	51,28
39	15	0,50	4,60	0,66	40,54	120	21	2,00	2,15	0,33	53,85
40	16	0,50	4,40	0,64	43,24	121	22	2,00	1,95	0,29	56,41
41	17	0,50	4,00	0,60	45,95	122	23	2,00	1,70	0,23	58,97
42	18	0,50	4,00	0,60	48,65	123	24	2,00	1,67	0,22	61,54
43	19	0,50	4,00	0,60	51,35	124	25	2,00	1,40	0,15	64,10
44	20	0,50	3,80	0,58	54,05	125	26	2,00	1,33	0,12	66,67
45	21	0,50	3,40	0,53	56,76	126	27	2,00	1,20	0,08	69,23
46	22	0,50	3,40	0,53	59,46	127	28	2,00	1,15	0,06	71,79
47	23	0,50	3,00	0,48	62,16	128	29	2,00	1,15	0,06	74,36
48	24	0,50	3,00	0,48	64,86	129	30	2,00	1,15	0,06	76,92
49	25	0,50	2,80	0,45	67,57	130	31	2,00	1,00	0,00	79,49
50	26	0,50	2,80	0,45	70,27	131	32	2,00	0,80	-0,10	82,05
51	27	0,50	2,80	0,45	72,97	132	33	2,00	0,75	-0,12	84,62
52	28	0,50	2,60	0,41	75,68	133	34	2,00	0,73	-0,14	87,18
53	29	0,50	2,60	0,41	78,38	134	35	2,00	0,55	-0,26	89,74
54	30	0,50	2,40	0,38	81,08	135	36	2,00	0,45	-0,35	92,31
55	31	0,50	1,40	0,15	83,78	136	37	2,00	0,45	-0,35	94,87
56	32	0,50	1,40	0,15	86,49	137	38	2,00	0,45	-0,35	97,44
57	33	0,50	1,20	0,08	89,19	138	1	4,00	8,20	0,91	4,00
58	34	0,50	1,00	0,00	91,89	139	2	4,00	7,40	0,87	8,00
59	35	0,50	1,00	0,00	94,59	140	3	4,00	5,80	0,76	12,00
60	36	0,50	1,00	0,00	97,30	141	4	4,00	5,73	0,76	16,00
61	1	1,00	17,00	1,23	2,50	142	5	4,00	5,67	0,75	20,00
62	2	1,00	14,00	1,15	5,00	143	6	4,00	4,50	0,65	24,00
63	3	1,00	10,02	1,00	7,50	144	7	4,00	4,38	0,64	28,00
64	4	1,00	9,30	0,97	10,00	145	8	4,00	3,50	0,54	32,00
65	5	1,00	9,30	0,97	12,50	146	9	4,00	3,00	0,48	36,00
66	6	1,00	8,50	0,93	15,00	147	10	4,00	2,73	0,44	40,00
67	7	1,00	8,20	0,91	17,50	148	11	4,00	2,50	0,40	44,00
68	8	1,00	6,50	0,81	20,00	149	12	4,00	2,38	0,38	48,00
69	9	1,00	6,00	0,78	22,50	150	13	4,00	2,28	0,36	52,00
70	10	1,00	5,30	0,72	25,00	151	14	4,00	1,98	0,30	56,00
71	11	1,00	4,90	0,69	27,50	152	15	4,00	1,67	0,22	60,00
72	12	1,00	4,30	0,63	30,00	153	16	4,00	1,47	0,17	64,00
73	13	1,00	4,10	0,61	32,50	154	17	4,00	1,20	0,08	68,00
74	14	1,00	3,80	0,58	35,00	155	18	4,00	0,50	-0,30	72,00
75	15	1,00	3,70	0,57	37,50	156	19	4,00	0,47	-0,33	76,00
76	16	1,00	3,50	0,54	40,00	157	20	4,00	0,43	-0,37	80,00
77	17	1,00	3,40	0,53	42,50	158	21	4,00	0,33	-0,48	84,00
78	18	1,00	3,10	0,49	45,00	159	22	4,00	0,33	-0,48	88,00
79	19	1,00	3,00	0,48	47,50	160	23	4,00	0,25	-0,60	92,00
80	20	1,00	2,90	0,46	50,00	161	24	4,00	0,25	-0,60	96,00
81	21	1,00	2,50	0,40	52,50						

*Persamaan Pola Intensitas Hujan Fungsi dari Durasi dan Probabilitas Hujan
untuk Kawasan Daerah Aliran Sungai (Das) Bagian Hulu*

Lampiran B. Proyeksi nilai intensitas hujan menurut $p = 5\%$ sampai dengan 95% , dengan interval 5% , pada kelompok durasi hujan (t ; jam)

p (%)	Durasi hujan (t; jam)				
	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00
5	24,29	16,56	12,70	10,76	9,80
10	21,00	14,09	10,63	8,91	8,04
15	18,20	12,02	8,92	7,38	6,61
20	15,80	10,27	7,51	6,12	5,43
25	13,74	8,80	6,33	5,09	4,47
30	11,98	7,55	5,34	4,24	3,68
35	10,46	6,50	4,52	3,53	3,04
40	9,15	5,61	3,84	2,95	2,51
45	8,01	4,85	3,26	2,47	2,08
50	7,03	4,20	2,78	2,07	1,72
55	6,18	3,64	2,38	1,74	1,43
60	5,43	3,17	2,03	1,47	1,18
65	4,79	2,76	1,75	1,24	0,99
70	4,22	2,41	1,50	1,05	0,82
75	3,73	2,11	1,29	0,89	0,69
80	3,30	1,84	1,12	0,76	0,57
85	2,92	1,62	0,97	0,64	0,48
90	2,58	1,42	0,84	0,55	0,40
95	2,29	1,25	0,73	0,47	0,34