

# Perbandingan Metoda Formulasi Intensitas Hujan untuk Kawasan Hulu Daerah Aliran Sungai

(Dimuat pada Jurnal Journal Geografi GEA, Vol. 5, No. 2, Oktober 2005)

Indratmo Soekarno<sup>1)</sup>  
Dede Rohmat<sup>2)</sup>

## Abstrak

Kajian dilakukan untuk memperoleh persamaan intensitas hujan yang sesuai untuk kawasan hulu DAS, berdasarkan perbandingan metoda Talbot, Sherman, dan Ishiguro.

Data diperoleh dari rekaman hujan selama 3 tahun yang tercatat pada Fluviograf. Terdapat 202 buah data ketebalan ujan dan durasi hujan.

Menurut metoda Talbot, Sherman dan Ishiguro, intensitas dirumuskan dalam bentuk persamaan-persamaan. Persamaan intensitas hujan Metoda Sherman paling baik digunakan untuk kawasan hulu DAS. Nilai korelasi dan standar deviasi rata-ratanya adalah 0,66 dan 4,62.

Kata-kata kunci : Intensitas Hujan; DAS Hulu; Talbot; Sherman; Ishiguro

## Abstract

Study conducted to obtain equation of appropriate rainfall intensity for the upstream area of watershed base on comparison methods of Talbot, Sherman, and Ishiguro.

Data obtained from rainfall recording during 3 years noted at Pluviograph. There are 202 data of thickness and duration of rainfall.

According to methods of Talbot, Sherman and Ishiguro rainfall intensity have formulated in the form of equations. The equations of Sherman are best used to the upstream area of watershed. The average value of correlation and deviation standard is 0.66 and 4.62.

**Key words:** Rainfall Intensity; Upstream of Watershed; Talbot; Sherman; Ishiguro

---

<sup>1)</sup> Lektor Kepala Departemen Teknik Sipil FTSP ITB

<sup>2)</sup> Lektor Kepala Jurusan Pendidikan Geografi FPIPS UPI

## 1. Latar Belakang

Hujan merupakan fenomena alam yang Sangat penting keberadaannya. Dalam jumlah yang cukup dan terkendali, hujan merupakan Rahmat Tuhan yang tidak berhingga manfaatnya. Sebaliknya hujan akan membawa bencana jika jumlah dan sebarannya tidak terkendali.

Di sisi lain, hujan merupakan fenomena alam yang sulit dimodifikasi atau dikendalikan. Hujan hadir dalam ruang dan waktu "sekehendaknya" seolah-olah sporadis. Usaha maksimal yang dapat dilakukan manusia adalah mengenali pola atas keberadaannya dalam ruang, waktu dan kuantitasnya.

Mengenal dan memformulasi pola hujan sangat bermanfaat untuk upaya-upaya pengendalian dampak negatif akibat hujan. Hasil formulasi pola hujan sangat penting untuk upaya-upaya penanganan kawasan hulu daerah aliran sungai (DAS). Perencanaan bangunan konservasi, dan implementasi kegiatan vegetatif semuanya memerlukan masukan data dan pola hujan. Terdapat tiga variabel 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 variabel utama ini, dapat diturunkan variabel hujan lain, antara lain intensitas hujan (I) dan probabilitas hujan atau periode ulang kejadian hujan (T). Dalam bidang perencanaan teknis, dua variabel ini merupakan variabel yang sangat penting.

Telah dikenal metoda prediksi intensitas hujan menurut durasi dan periode ulang hujan, antara lain Jenis Talbot (1881), Jenis Sherman (1905), dan Jenis Ishiguro (1953) (Subarkah, 1980). Metoda dikembangkan berdasarkan

data dan kondisi wilayah penelitinya. Oleh karena itu untuk aplikasi di wilayah tropis seperti di Indonesia diperlukan analisa dan perbandingan mana yang lebih sesuai.

Dalam paper ini, dikaji formulasi pola intensitas hujan berdasarkan tiga metoda tersebut. Kajian dilakukan untuk data hujan yang dikumpulkan dari kawasan hulu DAS, agar hasil analisa bermanfaat bagi perencanaan upaya konservasi dan rehabilitasi lahan kawasan ini.

## 2. Tujuan dan Lingkup Kajian

Tujuan kajian ini adalah memperoleh rumusan (persamaan) intensitas hujan yang sesuai untuk kawasan hulu DAS. Kajian mencakup:

- Menganalisis dan menentukan besarnya intensitas hujan pada setiap durasi hujan (menit dan jam) tertentu untuk setiap periode ulang kejadian hujan tertentu (tahun)
- Menganalisis dan memformulasi model intensitas hujan yang paling sesuai untuk kawasan hulu DAS

## 3. Kondisi Umum Kawasan Kajian

Kajian pola intensitas hujan dilaksanakan di Kawasan Hulu DAS Cimanuk, tepatnya di Kecamatan Malangbong Kabupaten Garut Propinsi Jawa Barat. Kawasan ini secara geografis terletak pada 108°14'08" BT - 108°16'16" BT dan 06°54'44" LS - 07°01'36" LS. Terletak pada ketinggian 560 - 800 meter di atas permukaan laut (m dpl). 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 % (Rohmat dan Soekarno, 2004).

*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 % (Rohmat dan Soekarno, 2004).

*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 %) (Rohmat dan Soekarno, 2004).

Permukiman di lokasi penelitian umumnya mempunyai halaman bermain dan budidaya tanaman pekarangan. Penutupan lahan di areal permukiman sekitar 30 - 40 % (Rohmat dan Soekarno, 2004).

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.

#### 4. Pengumpulan Data

Data diperoleh dari hasil pembacaan rekaman hujan selama 3 tahun yang tercatat pada kertas pias alat pencatat hujan otomatis (Fluviograf). Data terkumpul sebanyak 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) :

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

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 (menit)

Data intensitas hujan dikelompokkan berdasarkan durasi hujan ( $t$ ) = 0,25 jam, sebanyak 30 data; 0,5 jam (40 data); 1 jam (49 data); 1,5 jam (21 data); 2 jam (28 data); 3 jam (9 data), 4 jam (19 data), dan 6 jam (6 data)..

## 5. Metode Analisa

Besaran intensitas hujan ditentukan berdasarkan sejumlah data curah hujan dan durasi hujan. Durasi hujan ( $t_i$ ) yang digunakan untuk menentukan model intensitas hujan adalah 15, 30; 60; 90; 120; 180, 240; dan 360 menit. Intensitas hujan ditentukan oleh persamaan (1):

Besarnya intensitas hujan untuk setiap  $t_i$  dan periode ulang kejadian hujan ( $T_i$ ) ditentukan berdasarkan persamaan Gringorten (1963) :

$$T = \frac{N + 0,12}{d - 0,44} \quad (2)$$

atau :

$$d = \frac{(N + 0,12) + 0,44T}{T} \quad (3)$$

dengan,

$d$  = Nomor urut data setelah data diurut dari yang terbesar ke terkecil

$N$  = Banyaknya data kejadian hujan

$T$  = Periode ulang (tahun)

Persamaan ini, digunakan karena sifat distribusi hujan jangka pendek bersifat eksponensial.

Nilai  $T$  yang dihitung adalah 2 ; 3 ; 5 ; 7 ; 10 ; 15 dan 20 tahun. Nilai ini digunakan dengan asumsi bahwa dalam lingkup kawasan hulu DAS, umur kegiatan konservasi dan rehabilitasi lahan biasanya diproyeksikan dalam kisaran waktu tersebut. Nilai  $N$ , ditentukan berdasarkan banyaknya data kejadian hujan untuk setiap durasi hujan ( $t_i$ ).

Metode yang digunakan untuk menentukan pola intensitas hujan, adalah:

a. Jenis Talbot (1881) :

$$I = \frac{a'}{t + b} \quad (4)$$

b. Jenis Sherman (1905) :

$$I = \frac{a}{t^n} \quad (5)$$

c. Jenis Ishiguro (1953)

$$I = \frac{a}{\sqrt{t + b}} \quad (6)$$

dengan :

$I$  = Intensitas hujan (mm/jam)

$t$  = Durasi hujan dalam jam

$a', a, b, n$  = Tetapan

Menentukan model intensitas hujan yang paling sesuai untuk karakteristik hujan di lokasi yang bersangkutan dilakukan dengan **analisis korelasi dan standar deviasi**. Model yang mempunyai rata-rata nilai korelasi terbaik dan nilai estándar debiás terkecil adalah model yang paling sesuai.

## 6. Pengolahan Data Dasar

Masukan data utama untuk memformulasi pola hujan adalah data intensitas hujan dan lama hujan yang diurut dari besar ke kecil.

Dengan menggunakan persamaan (3) dan data intensitas yang telah diurut dari besar ke kecil, dapat ditentukan besarnya intensitas hujan untuk setiap periode ulang kejadian hujan (Tabel 1).

Tabel 1. Intensitas hujan pada durasi ( $t$ ) dan periode ulang hujan ( $T$ )

T (thn)	Intensitas Hujan : I (mm/jam) pada t (menit)							
	15	30	60	90	120	180	240	360
2	6.4	3.8	2.3	4.3	1.7	1.57	3.5	1.3
3	12.4	5.4	3.8	10.1	3.9	2.7	5.7	2.5
5	14.8	9.4	8.2	13.7	4.9	5.7	8.2	2.5
7	16.0	10.0	9.3	17.4	9.5	5.7	9.6	3.8
10	16.0	12.0	14.0	21.1	12.7	14.9	10.4	3.8
15	20.8	18.0	17.0	26.7	13.6	14.9	10.4	3.8
20	22.8	20.0	20.4	32.7	13.6	14.9	10.7	3.8

## 7. Analisis Data

### 7.1 Pola Intensitas Hujan Metoda Talbot

Model intensitas hujan menurut metoda Talbot (persamaan (4)) menghendaki tetapan  $a'$  dan  $b$  dalam persamaan dasar. Nilai tetapan  $a'$  dan  $b$  dihitung berdasarkan masukan data dari Tabel 1. Dengan regresi linier sederhana, nilai tetapan tersebut dapat ditentukan.

Bentuk persamaan (4) dapat diubah menjadi:

$$I.t + I.b = a'; \text{ atau } I.t = a' - b.X$$

Persamaan ini adalah persamaan umum Regresi Linier Sederhana:

$$Y = A + B.X$$

dengan

$$Y = I.t ; A = a' ; \text{ dan } B = b$$

Penyelesaian persamaan umum regresi linier sederhana dilakukan dengan cara manual dengan metode substitusi (persamaan (7a) dan (7b)) atau dengan perangkat software *worksheet (excel)* atau sejenisnya.

$$A = \frac{(\sum X_i)(\sum X_i^2) - (\sum X_i)(\sum X_i Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (7a)$$

$$B = \frac{(n \sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (7b)$$

Hasil perhitungan untuk setiap periode ulang (T) disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai tetapan  $a'$  dan  $b$  untuk intensitas hujan Model Talbot

T (thn)	$a'$	B
2	373.51	19.85
3	647.58	9.98
5	1008.51	20.39
7	1265.80	20.46
10	1842.62	28.72
15	1729.89	11.24
20	1527.50	-8.02

Dengan demikian, persamaan pola hujan Jenis Talbot untuk  $T = 2$  sampai dengan 15 tahun berturut-turut adalah (persamaan (8a) sampai dengan (8g)):

$$I_2 = \frac{373,51}{t + 19,85} \quad (8a)$$

$$I_3 = \frac{647,58}{t + 9,98} \quad (8b)$$

$$I_5 = \frac{1008,51}{t + 20,39} \quad (8c)$$

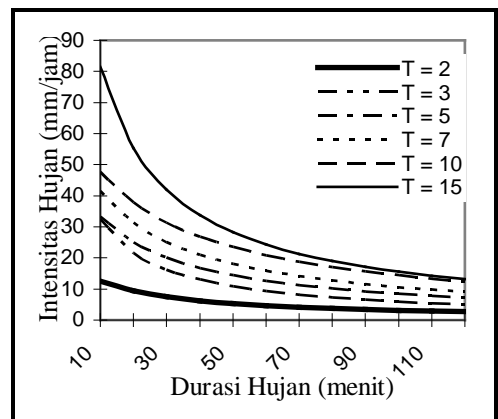
$$I_7 = \frac{1265,80}{t + 20,46} \quad (8d)$$

$$I_{10} = \frac{1842,62}{t + 28,72} \quad (8e)$$

$$I_{15} = \frac{1729,89}{t + 11,24} \quad (8f)$$

$$I_{20} = \frac{1527,50}{t - 8,02} \quad (8g)$$

Berdasarkan persamaan (8a) sampai dengan persamaan (8g), diproyeksikan besarnya intensitas hujan untuk sembarang nilai durasi hujan (t) pada periode ulang (T) 2, 3, 5, 7, 10, hingga 15. Proyeksi intensitas hujan untuk durasi hujan antara 10 hingga 120 menit disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pola Intensitas hujan Metoda Talbot

## 7.2 Pola Intensitas Hujan Metoda Sherman

Model intensitas hujan menurut Metoda Sherman menghendaki tetapan a dan n dalam persamaan (5). Dengan masukan data Tabel 1 dan teknik perhitungan regresi linier sederhana (persamaan (7a) dan (7b)), nilai tetapan a dan n dapat ditentukan. Persamaan (5) diubah bentuknya menjadi:

$$\log I. = \log a - n \log t$$

Persamaan ini adalah persamaan umum regresi linier sederhana, dengan  $Y = \log I$ ;  $A = \log a$ ; dan  $B = n$

Hasil perhitungan tetapan a dan n untuk Metode Sherman disajikan pada Tabel 3. Dengan masukan lama hujan (menit),

Tabel 3. Nilai tetapan a dan n untuk pola intensitas hujan Metode Sherman

T	A	n
2	16.361	0.402
3	25.765	0.364
5	45.898	0.406
7	39.932	0.327
10	60.813	0.349
15	80.810	0.392
20	105.222	0.433

Dengan demikian, persamaan pola hujan Jenis Sherman untuk  $T = 2$  sampai dengan 15 tahun berturut-turut adalah (persamaan (9a) sampai dengan (9g):

$$I_2 = \frac{16,361}{t^{0,402}} \quad (9a)$$

$$I_3 = \frac{25,765}{t^{0,364}} \quad (9b)$$

$$I_5 = \frac{45,898}{t^{0,406}} \quad (9c)$$

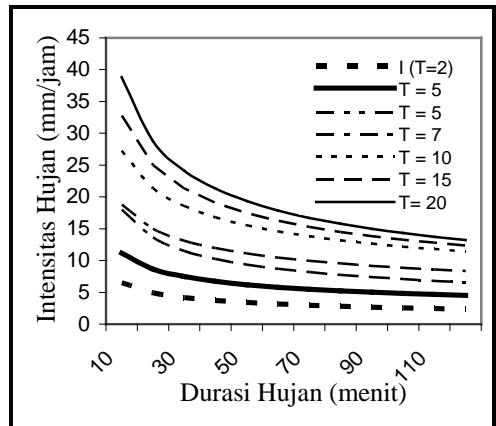
$$I_7 = \frac{39,932}{t^{0,327}} \quad (9d)$$

$$I_{10} = \frac{60,813}{t^{0,349}} \quad (9e)$$

$$I_{15} = \frac{80,810}{t^{0,392}} \quad (9f)$$

$$I_{20} = \frac{105,222}{t^{0,433}} \quad (9g)$$

Grafik proyeksi inetsnitas hujan Sherman pada  $t = 10$  samapi dengan 120 menit untuk masing-masing T disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pola intensitas hujan Metoda Sherman

## 7.3 Pola Intensitas Hujan Metoda Ishiguro

Model intensitas hujan menurut Metoda Ishiguro menghendaki tetapan a dan b. Dengan Persamaan (6) dan masukan data Tabel 1, nilai tetapan tersebut dapat dihitung. Seperti halnya dua model terdahulu, teknik perhitungan regresi linier sederhana (persamaan (7a) dan (7b)) digunakan untuk menghitung a dan b.

Persamaan (6), dapat diubah bentuknya menjadi :

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

Persamaan ini adalah persamaan umum regresi linier sederhana, dengan:

$$Y = I.t^{0.5}; \quad A = a; \quad \text{dan} \quad B = b$$

Hasil perhitungan tetapan a dan b Metoda Ishiguro disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai tetapan a dan b untuk intensitas hujan Ishiguro

T (tahun)	a	b
2	19.959	-2.470
3	33.154	-3.286
5	50.017	-3.054
7	57.429	-3.617
10	84.283	-3.255
15	73.033	-4.482
20	61.833	-5.451

Dengan demikian, persamaan pola intensitas hujan Metoda Ishiguro pada  $T = 2$  sampai dengan 15 tahun berturut-turut adalah (persamaan (10a) sampai dengan (10g):

$$I_2 = \frac{19,959}{\sqrt{t} - 2,470} \quad (10a)$$

$$I_3 = \frac{33,154}{\sqrt{t} - 3,286} \quad (10b)$$

$$I_5 = \frac{50,017}{\sqrt{t} - 3,054} \quad (10c)$$

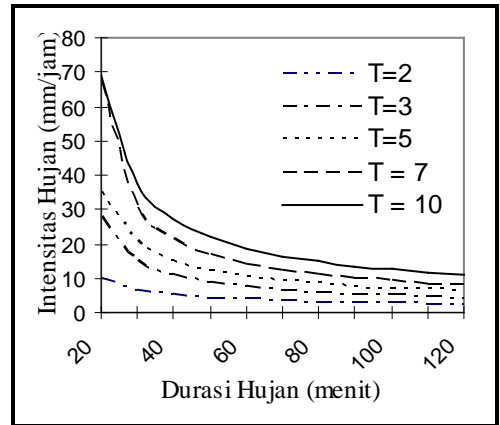
$$I_7 = \frac{57,429}{\sqrt{t} - 3,617} \quad (10d)$$

$$I_{10} = \frac{84,286}{\sqrt{t} - 3,255} \quad (10e)$$

$$I_{15} = \frac{73,033}{\sqrt{t} - 4,482} \quad (10f)$$

$$I_{20} = \frac{61,833}{\sqrt{t} - 5,451} \quad (10g)$$

Grafik proyeksi intensitas hujan Metoda Ishiguro pada  $t = 20$  sampai dengan 120 menit untuk masing-masing periode ulang ( $T$ ) 2 sampai dengan 10 tahun disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Intensitas hujan Model Ishiguro

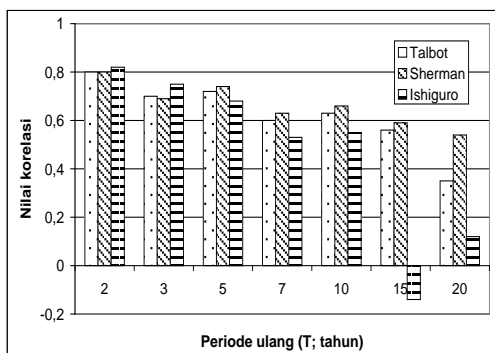
## 8. Korelasi antara Data Intensitas Hujan Empirik dengan Hasil Pengukuran

Koefisien korelasi dan nilai standar deviasi dihitung untuk mendapatkan gambaran kedekatan antara data hasil pemodelan atau perhitungan dengan data pengukuran (empiric). Selanjutnya korelasi dan standar deviasi digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan metode mana yang paling sesuai dan direkomendasikan untuk digunakan dalam perencanaan kegiatan konservasi di kawasan hulu DAS tersebut.

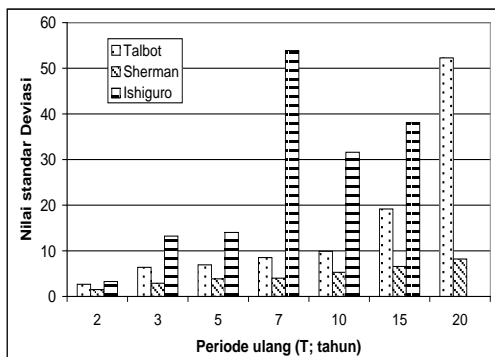
Metoda perhitungan pola intensitas hujan yang mempunyai nilai koefisien korelasi terbaik dan nilai standar deviasi terkecil, direkomendasikan sebagai model yang paling sesuai. Rekap nilai koefisien korelasi dan standar deviasi disajikan pada Tabel 5. Agar lebih jelas nilai korelasi dan nilai standar deviasi tersebut masing-masing disajikan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Tabel 5. Rekap nilai korelasi dan standar deviasi untuk tiga metoda Pola Intensitas Hujan

T (thn)	Talbot		Sherman		Ishiguro	
	Korelasi	Standar	Korelasi	Standar	Korelasi	Standar
2	0,80	2,66	0,80	1,52	0,82	3,28
3	0,70	6,39	0,69	2,90	0,75	13,22
5	0,72	6,92	0,74	3,86	0,68	14,03
7	0,60	8,53	0,63	4,01	0,53	53,88
10	0,63	9,89	0,66	5,28	0,55	31,59
15	0,56	19,16	0,59	6,57	-0,14	38,02
20	0,35	52,28	0,54	8,20	0,12	586,79
Rata-rata	0,62	15,12	0,66	4,62	0,47	105,83



Gambar 4. Perbandingan nilai korelasi antar metode intensitas hujan



Gambar 7. Perbandingan nilai standar deviasi antar metode Pola intensitas hujan

Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 4 serta Gambar 5, dapat dikemukakan bahwa terdapat satu metoda yang dipertimbangkan cukup baik digunakan sebagai masukan dalam perencanaan bangunan konservasi di kawasan DAS pemodelan selanjutnya.

Dengan pertimbangan bahwa perencanaan teknik konservasi pada skala bidang lahan lebih banyak ditujukan untuk jangka waktu umur guna bangunan antara 2 – 5 tahun, dan konsistensi nilai standar deviasi yang lebih baik pada kurun waktu periode ulang (T) 2 sampai dengan 5 tahun, maka metode Sherman merupakan metode yang paling sesuai. Model Sherman mempunyai rata-rata nilai korelasi 0,66 dan rata-rata nilai standar deviasi 4,62.

## 9. Kesimpulan

Dengan menggunakan persamaan dasar metoda Talbot, Sherman dan Ishiguro, kejadian hujan menurut durasi dan ketebalannya dapat dirumuskan polanya dalam bentuk persamaan-persamaan.

Rumusan pola intensitas hujan (persamaan) ketiga metoda tersebut digunakan untuk memprediksi besarnya intensitas hujan untuk suatu durasi



hujan tertentu pada peluang (periode ulang) kejadian hujan tertentu pula.

Hasil kajian ini menunjukkan bahwa Pola intensitas hujan menurut Metoda Sherman paling baik digunakan untuk memprediksi intensitas hujan pada kawasan hulu DAS. Nilai korelasi rata-rata dan standar deviasi rata-rata metoda ini masing-masing adalah 0,66 dan 4,62.

- Talbot (1881), dalam Subarkah Iman (1980), *Hidrologi untuk perencanaan bangunan air*, Idea Dharma Bandung.

## Daftar Pustaka

- Gringorten (1963), dalam Subarkah Iman (1980), *Hidrologi untuk perencanaan bangunan air*, Idea Dharma Bandung.
- Ishiguro (1953), dalam Subarkah Iman (1980), *Hidrologi untuk perencanaan bangunan air*, Idea Dharma Bandung.
- 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 dan Indratmo Soekarno (2004), *Pendugaan limpasan hujan pada cekungan kecil melalui pengembangan persamaan infiltrasi kolom tanah (Kasus di cekungan kecil Cikumutuk DAS Cimanuk Hulu)*; Makalah PIT HATHI XXI, September-Oktober 2004, Denpasar-Bali.
- Sherman (1905), dalam Subarkah Iman (1980), *Hidrologi untuk perencanaan bangunan air*, Idea Dharma Bandung.
- Subarkah Iman (1980), *Hidrologi untuk perencanaan bangunan air*, Idea Dharma Bandung.