BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Data

Data diperoleh dari Kantor Proyek Induk Pengembangan Wilayah Sungai (PWS) Bengawan Solo, yang beralamat di Jl. Raya Solo – Kartosuno Surakarta, Jawa Tengah..

Data yang diambil untuk keperluan analisa adalah sebagai berikut :

1. Data rekaman AWLR (*Automatic Water Level Record*) mulai tahun 1991 - 2005 dari Stasiun AWLR Gunungsari.
2. Data curah hujan dari stasiun hujan otomatis (ARR) Punung mulai tahun 1991 – 2005.
3. Data curah hujan harian dari stasiun hujan manual (MRR) : stasiun Arjosari, stasiun Bandar, stasiun Nawangan, stasiun Pacitan, stasiun Purwosari, dan stasiun Tegalombo.
4. Peta topografi skala 1 : 250.000.

Pemilihan hidrograf muka air adalah berdasarkan hidrograf dengan puncak tunggal yang disebabkan oleh hujan jam-jaman. Disamping itu, waktu terjadinya hujan dengan hidrograf harus bersesuaian. Sedangkan dalam analisa penyusunan model, maka digunakan perataan dari beberapa hidrograf satuan dari beberapa kejadian banjir. Proses perataan ini bertujuan untuk memperoleh hidrograf satuan yang dapat dianggap mewakili kondisi dari DAS yang bersangkutan (Sri Harto, 1993).

Data hidograf muka air dan hujan jam-jaman yang dipilih antara lain adalah sebagai berikut :

a. Data rekaman dari stasiun AWLR dan ARR pada tanggal 21 -22 November 1991.
b. Data rekaman dari stasiun AWLR dan ARR pada tanggal 13 – 14 Januari 1992.
c. Data rekaman dari stasiun AWLR dan ARR pada tanggal 29 – 30 Januari 1993.
d. Data rekaman dari stasiun AWLR dan ARR pada tanggal 18 – 19 Oktober 1998.
e. Data rekaman dari stasiun AWLR dan ARR pada tanggal 24 – 25 Januari 1999.
f. Data rekaman dari stasiun AWLR dan ARR pada tanggal 9 – 10 November 2000.
g. Data rekaman dari stasiun AWLR dan ARR pada tanggal 13 – 14 November 2001.
h. Data rekaman dari stasiun AWLR dan ARR pada tanggal 18 – 19 Februari 2002.
i. Data rekaman dari stasiun AWLR dan ARR pada tanggal 20 – 21 November 2004.

j. Data rekaman dari stasiun AWLR dan ARR pada tanggal 11 – 12 Desember 2005 untuk verifikasi.

Hidrograf muka air yang diambil dari rekaman AWLR disajikan pada lampiran 1, sedangkan hujan jam-jamannya pada lampiran 2.

4.2 Analisa Data

4.2.1 Analisa Data Hujan

Data curah hujan diambil dari stasiun Arjosari, stasiun Bandar, stasiun Nawangan, stasiun Pacitan, stasiun Purwosari, dan stasiun Tegalombo. Data yang ada merupakan hasil pencatatan selama 15 tahun yang dimulai pada tahun 1991 sampai tahun 2005. Data karakteristik DAS ditunjukkan pada tabel 4.1 dan data hujan maksimum dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.1 Parameter fisik DAS dan Sub DAS

No.	Nama	Sf (km/km)	L (km)	Lc (km)	A (km^2)	S
1	DAS Grindulu	0,22532	56,6534	25,1698	723,199	0,0064
2	Sub DAS Sukorejo	0,81580	23,5123	15,2356	450,999076	0,0116
3	Sub DAS Jati	0,70580	3,0828	1,8524	6,707714	0,0027
4	Sub DAS Jelok	0,70502	9,0153	5,7632	57,30095	0,0013
5	Sub DAS Mlati	0,86487	14,3519	8,2014	178,142878	0,0128
6	Sub DAS Semanten	0,67116	6,6911	4,3107	30,048382	0,0034

Sumber : PI-PWS Bengawan Solo

4.2.1.1 Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi data dengan menggunakan lengkung massa ganda. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah data yang didapatkan terjadi penyimpangan dari data yang satu terhadap data yang lain, biasanya diakibatkan oleh kesalahan pengamatan maupun pengaruh alat pengukur hujan.

Uji konsistensi data dilakukan dengan membandingkan kumulatif hujan stasiun yang diamati dengan kumulatif rerata hujan dari stasiun sekitar. Dalam hal ini pengujian dilakukan sebagai berikut : Untuk uji konsistensi stasiun Arjosari, maka data yang diperhitungkan adalah data hujan harian maksimum stasiun hujan di sekitarnya (Bandar, Nawangan, Pacitan, Purwosari, dan Tegalombo). Demikian pula selanjutnya, untuk uji konsistensi stasiun hujan Bandar, Nawangan, Pacitan, Purwosari, dan Tegalombo, maka data yang diperhitungkan adalah data hujan maksimum stasiun hujan sekitarnya.

Tabel 4.2 Data Curah Hujan Harian Maksimum

No.	Tahun	Stasiun					
		Arjosari	Bandar	Nawangan	Pacitan	Purwosari	Tegalombo
1	1991	100	236	84	122	248	99
2	1992	100	176	90	172	288	90
3	1993	130	65	79	136	320	63
4	1994	105	108	77	111	133	132
5	1995	98	78	76	243	204	49
6	1996	137	90	98	73	105	61
7	1997	49	100	91	65	85	77
8	1998	97	94	67	74	204	81
9	1999	94	82	68	105	85	96
10	2000	162	105	89	216	209	111
11	2001	116	156	91	173	271	121
12	2002	94	136	75	141	156	71
13	2003	128	76	65	83	129	102
14	2004	148	106	95	138	195	141
15	2005	112	89	95	218	237	89

Sumber : PI-PWS Bengawan Solo

Hasil uji konsistensi dapat digambarkan dalam bentuk kurva massa ganda seperti dalam lampiran 2.1 – 2.6 serta gambar 2.1- 2.6

Hasil uji konsistensi tersebut menunjukkan data curah hujan pada stasiun pengamatan konsisten, artinya data curah hujan tersebut tidak mengalami penyimpangan dan dapat dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

4.2.1.2 Hujan Rerata Daerah

Perhitungan besarnya hujan rerata daerah dilakukan dengan menggunakan metode Poligon Thiessen, dengan mempertimbangkan jumlah stasiun dan pengaruh luas masing-masing stasiun.

Contoh perhitungan nilai koefisien Thiessen untuk stasiun Purwosari :

Luas DAS = 723,199 km^2

Luas pengaruh stasiun Purwosari = 50,355 km^2

Koef. Thiessen = [(50,355) / (723,199)] x 100%

= 6,963 % = 0,6963

Tabel 4.3 Perhitungan Koefisien Thiessen untuk tiap-tiap stasiun hujan :

No	Stasiun	Luas (km^2)	Koefien Thiessen
1	Purwoasri	50.355	0.06963
2	Pacitan	51.297	0.07093
3	Arjosari	231	0.31941
4	Nawangan	175.406	0.24254
5	Bandar	104.618	0.14466
6	Tegalombo	110.523	0.15283
Total		723.199	1.00000

sumber : hasil perhitungan

Karena hanya terdapat satu stasiun hujan ARR, maka curah hujan harian diubah menjadi curah hujan jam-jaman dengan cara sebagai berikut :

1 Curah hujan ARR yang bersesuain dengan AWLR dijumlahkan kemudian dihitung sebaran hujan pada jam tersebut.

2 Dari keenam stasiun hujan MRR diketahui tinggi hujan harian yang disesuaikan dengan tanggal curah hujan ARR dan tinggi hujan harian masing-masing stasiun tersebut dikalikan dengan Koefisien Thiessen, kemudian dijumlahkan sehingga diperoleh hujan rerata daerah.

3 Hujan rerata daerah ini kemudian dikalikan dengan sebaran hujan pada poin 1 agar diperleh hujan rerata daerah jam-jaman. Perhitungan hujan rerata daerah jam-jaman disajikan dalam Lampiran 4 sampai Lampiran 7.10.3.

4.2.2.1 Hujan Efektif

Untuk keperluan perhitungan hidrograf satuan pengamatan dengan metode Collins, maka perlu dihitung besarnya hujan efektif (R_e), yang dihitung dengan menggunakan analisa indeks infiltrasi ϕ. Perhitungan analisa indeks infiltrasi ϕ dengan memperhitungkan besarnya curah hujan jam-jaman yang bersesuaian dengan hidrograf muka air. Perhitungan selengkapnya disajikan pada lampiran 10 sampai lampiran 10.10.2.

4.2.2 Analisa Data Debit

4.2.2.1 Analisa Hidrograf Muka Air Menjadi Hidrograf Debit

Untuk mengubah hidrograf muka air menjadi hidrograf debit diperlukan lengkung debit. Lengkung debit merupakan hubungan karakteristik antara tinggi muka air dengan debit sungai di stasiun hidrometri tertentu. Rumus lengkung debit diperoleh dari pengukuran debit di stasiun AWLR Gunungsari. Pembuatan lengkung debit dilakukan dengan regresi berpangkat, regresi eksponensial dan regresi logaritmik, dari ketiga model regresi diuji koefisien korelasi, kesalahan (SEY) dan taksiran hasil ekstrapolasi. Rumus lengkung debit yang dipergunakan adalah $Q = 12{,}8322\ H^{2{,}2546}$. Hasil pembuatan lengkung debit disajikan pada Lampiran 3 sampai Lampiran 3.4. Dengan persamaan lengkung debit tersebut, maka diperoleh besarnya debit banjir.

Contoh perhitungan kejadian tanggal 21 - 22 November 1991, pukul $14.^{00}$ adalah sebagai berikut :

$H = 0{,}690$ m

maka,

$Q = 12{,}8322 \cdot (0{,}690)^{2{,}2546}$

$= 5{,}559\ m^3/dtk$

Alih ragam hidrograf muka air menjadi hidrograf debit dan grafiknya secara lengkap disajikan pada Lampiran 8.

4.2.2.2 Analisa Hidrograf Debit menjadi Hidrograf Limpasan Langsung (DRO)

Untuk menjadi hidrograf limpasan langsung, hidrograf debit haruslah dipisahkan terlebih dahulu dari aliran dasar. Metode yang dipakai dalam studi ini adalah *Straight Line Method* (metode garis lurus).

Contoh perhitungan:

Berdasarkan hidrograf debit yang telah dialihragamkan dari hidrograf muka air, maka diambil jam $14.^{00}$ tanggal 21 November 2001 sebagai titik awal hidrograf mulai naik dan jam $16.^{00}$ tanggal 22 November 2001 sebagai akhir hidrograf.

Perhitungan garis lurus sebagai pemisah hidrograf debit dari aliran dasarnya dengan titik awal jam $14.^{00}$ sampai jam $16.^{00}$ sebagai berikut :

Jam $14.^{00}$, $Q_1 = 5{,}559\ m^3/dtk$, pada saat jam ke-1

Jam $16.^{00}$, $Q_2 = 6{,}508\ m^3/dtk$, pada saat jam ke-26

sehingga hidrograf limpasan langsung untuk jam ke-1 dan jam ke-26 = hidrograf debit - aliran dasar = 5,559 – 5,559 = 0. Demikian juga dengan perhitungan pada jam $15.^{00}$ (jam ke-2), dan seterusnya. Hidrograf limpasan langsung dan grafiknya secara lengkap disajikan pada lampiran 8.1.4 sampai lampiran 8.10.4

4.2.2.3 Analisa Hidrograf Satuan Pengamatan (HSO)

Hidrograf Satuan Pengamatan (HSO) dianalisa dengan menggunakan metode Collins. Langkah perhitungan metode Collins adalah sebagai berikut (tanggal 18 - 19 Oktober 1998) :

1. Menghitung kedalaman limpasan langsung ke dalam (mm) dari jumlah hidograf limpasan langsung (DRO), dimana jumlahnya harus sama dengan jumlah hujan efektif.

   Contoh perhitungan :

   Luas (A) = 723,199 km^2 = 723.199.000 m^2

   Σ DRO = 191,965 m^3/dtk

   Volume = 191,965 x 3.600 = 691.075,085 m^3

   Kedalaman = 691.075,085 / (723,199 x 10^6)

   = 0,010128 m = 10,128 mm

2. Menghitung volume limpasan untuk unit hidrograf, dimana jumlah debit yang terhitung merupakan jumlah debit pada perhitungan Collins.

   Contoh perhitungan :

   Luas (A) = 723,199 km^2

   = 723.199.000 m^2

   Volume = 723.199.000 x 10^{-3}

   = 723.199 m^3/mm

   Debit = 723.199 / 3.600

   = 200,889 m^3/dtk/mm

3. Menghitung ordinat coba awal.

   Contoh perhitungan :

   Jumlah ordinat hidrograf limpasan langsung (n) = 24

   Rentang curah hujan efektif (j) = 2

   Jumlah ordinat hidrograf (k) = (n) - (j) + 1 = 23

   Ordinat coba awal = vol.limpasan / [(k) x 3.600] = 8,734 m^3/dtk/mm

Contoh perhitungan metode Collins untuk jam ke-3 :

U_i = 8,734 m^3/dtk/mm

R_{e1} = 0,853 mm

R_{e2} = 9,275 mm

Q_o = 33,902 m^3/dtk

Σ dQ = 20,202 m^3/dtk/mm

$\Sigma U_i.R_e$= 171,763 m^3/dtk/mm

ΣU^* = 2,222 m^3/dtk/mm

ΣU^{**} = 201,370 m^3/dtk/mm

$U_i.R_{e1}$ = 8,734 x 0,853 = 7,450 m^3/dtk

dQ = 33,902 – 7,450 = 26,452 m^3/dtk/mm

U^* = 26,452 / 9,275 = 2,852 m^3/dtk/mm

a = (723,199 x 1000) / (2,222 x 3.600) = 90,391

$U^{*'}$ = 90,391 x 2,852 = 257,792 m^3/dtk/mm

F = 20,202 / 171,763 = 0,120

U^{**} = (8,734 + (257,792 x 0,120)) / (1 + 0,120) = 257,792 m^3/dtk/mm

U_e = (723,199 x 1000 x 257,792) / (3.600 x 201,370) = 257,792 m^3/dtk/mm

Dari hasil perhitungan tanggal 18 - 19 Oktober 1998 pada lampiran 11.4.2 diperoleh debit puncak sebesar 35,478 m^3/dtk.

Perhitungan selengkapnya disajikan pada Lampiran 11 sampai Lampiran 11.9

4.3 Analisa Model

4.3.1 Analisa Model Kurva Naik dan Kurva Turun

Analisa gradien kurva naik (m_1) dan kurva turun (m_2) dilakukan secara coba banding. Persamaan kurva naik (m_1) dan kurva turun (m_2) didekati dengan 3 persamaan, yaitu linier, berpangkat, dan eksponensial. Analisa model kurva naik (m_1) dan kurva turun (m_2) beserta grafiknya disajikan pada lampiran 51 – 59.

Contoh perhitungan analisa gradien kurva naik (m_1) untuk jam pertama dan jam keempat (sampai waktu terjadinya waktu puncak / T_p) sebagai berikut :

Untuk jam pertama :

t = 0,806 jam

Q = 1,603 m^3/dtk/mm

Ln t = Ln 0,806

= -0,216 jam

Ln Q = Ln 1,603

= 0,472 m^3/dtk/mm

Untuk jam keempat (T_p) :

t = 3,222 jam

Q = 46,175 m^3/dtk/mm

Ln t = Ln 3,222

= 1,170 jam

Ln Q = Ln 46,175

= 3,832 m^3/dtk/mm

sehingga didapatkan besarnya gradien (m_1) terbaik dengan penyimpangan yang relatif kecil untuk beberapa persamaan sebagai berikut :

Persamaan linier :

m_1 = 2,221

Persamaan Eksponensial :

m_1 = 1,016

Persamaan Berpangkat :

m_1 = 2,531

Contoh perhitungan nilai R, R^2, dan SEY untuk kurva naik (linier) :

$\Sigma (Y_1 - Y_r)^2 = 1134,289$

$\Sigma (Y - Y_r)^2 = 1476,626$

$$R = \sqrt{\frac{\sum_{1=1}^{n}(Y_1 - Y_r)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Y - Y_r)^2}} = 0,876 \qquad R^2 = 0,768$$

Sedangkan perhitungan kesalahan standar sebagai berikut :

$\Sigma (Y - Y_1)^2 = 910,653$, dengan n = 5

$$SEY = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Y - Y_1)^2}{n-1}} = 2,542$$

Contoh perhitungan analisa gradien kurva turun (m_2) untuk jam keempat (sampai waktu terjadinya debit puncak / T_p) dan jam keduapuluhdua (sampai waktu dasar / T_b) sebagai berikut :

Untuk jam keempat (T_p) :

$t = 3,222$ jam

$Q = 46,175\ m^3/dtk/mm$

$\text{Ln } t = \text{Ln } 3,222$

$= 1,170$ jam

$\text{Ln } Q = \text{Ln } 46,175$

$= 3,832\ m^3/dtk/mm$

Untuk jam keduapuluhdua (T_b) :

$t = 19,333$ jam

$Q = 0,855\ m^3/dtk/mm$

$\text{Ln } t = \text{Ln } 19,333$

$= 2,962$ jam

$\text{Ln } Q = \text{Ln } 0,855$

$= -1,157\ m^3/dtk/mm$

sehingga didapatkan besarnya gradien (m_2) terbaik dengan penyimpangan yang relatif kecil untuk beberapa persamaan sebagai berikut :

Persamaan linier :

$m_2 = 2,526$

Persamaan Eksponensial :

$m_2 = 0,236$

Persamaan Berpangkat :

$m_2 = 1,577$

Contoh perhitungan nilai R, R^2, dan SEY untuk kurva turun (linier) :

$\Sigma (Y_1 - Y_r)^2 = 2977,832$

$\Sigma (Y - Y_r)^2 = 3045,477$

$$R = \sqrt{\frac{\sum_{1=1}^{n}(Y_1 - Y_r)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Y - Y_r)^2}} = 0,875 \qquad R^2 = 0,578$$

Sedangkan perhitungan kesalahan standar sebagai berikut :

$\Sigma (Y - Y_1)^2 = 3624,016$, dengan $n = 17$

$$\text{SEY} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Y - Y_1)^2}{n-1}} = 2{,}480$$

Adapun besarnya nilai R, R^2, dan SEY untuk masing-masing persamaan adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Hasil Analisa Gradien Model Kurva Naik (m_1) dan Kurva Turun (m_2)

No.	Jenis	Model	Model Kurva	R	R^2	SEY
1	Kurva Naik	Linier	$Qn_1 = Qp + 2{,}221\ (t - Tp)$	0,87645	0,76816	2,54185
2		Eksponensial	$Qn_2 = Qp.\ e^{1{,}016\ (t - Tp)}$	0,94775	0,89822	0,71566
3		**Berpangkat**	$\mathbf{Qn_3 = Qp.\ [(t / Tp)]^{2{,}531}}$	**0,98444**	**0,96911**	**0,54546**
4	Kurva Turun	Linier	$Qt_1 = Qp + 2{,}526\ (Tp - t)$	0,87543	0,57895	3,98789
5		Eksponensial	$Qt_2 = Qp.\ e^{0{,}236\ (Tp - t)}$	0,95898	0,87527	0,82656
6		**Berpangkat**	$\mathbf{Qt_3 = Qp.\ [(Tp / t)]^{1{,}577}}$	**0,97147**	**0,97848**	**0,27486**

Sumber : Perhitungan

4.3.2 Analisa Model Waktu Puncak (Tp)

Dalam membangun suatu model waktu puncak dengan cara regresi pada studi ini didasarkan pada beberapa parameter fisik DAS, yang berupa luas DAS (A), slope/ kemiringan dasar sungai (S), panjang sungai utama (L), panjang sungai diukur sampai titik terdekat dengan titik berat DAS (L_c). Perhitungan model waktu puncak yang akan digunakan dalam analisa adalah dengan menggunakan beberapa alternatif (empat, tiga, dan dua variabel bebas). Dalam perhitungan ini, waktu puncak untuk tiap-tiap Sub DAS merupakan variabel tetap (Y), sedangkan karakteristik fisik DAS (A, S, L, dan L_c) untuk tiap-tiap Sub DAS merupakan variabel bebas (X), dengan variabel bebas A = X_1, S = X_2, L = X_3, dan L_c = X_4. Dengan alternatif variabel (empat, tiga, dan dua variabel bebas), maka akan didapatkan 22 persamaan waktu puncak.

Contoh perhitungan pada persamaan waktu puncak Y_8 sesuai dengan penjelasan masing-masing variabel seperti disebutkan diatas adalah :

$dY = Y_{\text{masing-masing sub DAS}} - Y_{\text{rerata}}$

$= 3{,}369 – 2{,}248$

$= 1{,}121$

$dX_1 = X_{1\text{masing-masing sub DAS}} - X_{1\text{rerata}}$

$= 450{,}999 – 144{,}640$

$= 306{,}359$

$dX_2 = X_{2\text{masing-masing sub DAS}} - X_{2\text{rerata}}$

$= 0{,}012 - 0{,}006$

$= 0{,}006$

$dX_4 = X_{4\text{masing-masing sub DAS}} – X_{4\text{rerata}}$

$= 15{,}236 – 7{,}073$

$= 8{,}163$

$dY^2 = (1{,}121)^2$

$= 1{,}256$

$dX_1^2 = (306{,}359)^2$

$= 93856{,}006$

$dX_2^2 = (0{,}006)^2$

$= 2{,}746 .10^{-5}$

$dX_4^2 = (8{,}163)^2$

$= 66{,}634$

$dY.dX_1 = (1{,}121).(306{,}359)$

$= 343{,}380$

$dY.dX_2 = (1{,}121).(0{,}005)$

$= 0{,}006$

$dY.dX_4 = (1{,}121).(8{,}163)$

$= 9{,}149$

$dX_1.dX_2 = (306{,}359).(0{,}005)$

$= 1{,}605$

$dX_1.dX_4 = (306{,}359).(66{,}634)$

$= 2500{,}792$

$dX_2.dX_4 = (0{,}005).(66{,}634)$

$= 0{,}043$

Contoh perhitungan untuk persamaan yang kedua adalah :

$\Sigma\ dX_1^2 = 134762{,}990$

$\Sigma\ dX_1.dX_2\ =\ 3{,}107$

$\Sigma\ dX_1.dX_4\ =\ 3689{,}514$

$\Sigma\ dX_2.dX_4\ =\ 0{,}084$

$\Sigma\ dY.dX_1\ =\ 583{,}510$

$\Sigma\ dY.dX_2\ =\ 0{,}016$

$\Sigma\ dY.dX_4\ =\ 17{,}128$

dari perhitungan tersebut, dengan cara yang sama untuk persamaan-persamaan yang lainnya, maka didapatkan persamaan-persamaan sebagai berikut :

$134762{,}990\ A_1 + 3{,}107\ A_2 + 583{,}510\ A_4\ =\ 583{,}510$

$3{,}107\ A_1 + 1{,}167\ .10^{-4}\ A2 + 0{,}084\ A_4\ =\ 0{,}016$

$3689{,}514\ A_1 + 0{,}084\ A_2 + 104{,}502\ A_4\ =\ 17{,}128$

dari ketiga persamaan tersebut diatas, maka didapatkan nilai-nilai sebagai berikut :

$A_1\ =\ 4{,}81065.\ 10^{-4}$, $A_2\ =\ 0{,}147488$ dan $A_4\ =\ 0{,}06390$

Setelah besarnya nilai-nilai dari A_1, A_2 dan A_4 didapatkan, maka selanjutnya adalah menghitung besarnya nilai dari A_o seperti berikut :

$A_o\ =\ Y_{rerata} - A_1.\ X_{1rerata} - A_2.\ X_{2rerata} - A_3.\ X_{3rerata} - A_4.\ X_{4rerata}$

$\quad = \ 1{,}86721$

dari besarnya nilai-nilai dari A_o, A_1, A_2 dan A_4 tersebut, maka dapat dibuat suatu persamaan model waktu puncak (T_p) sebagai berikut :

$Tp_8\ =\ 1{,}86721 + 4{,}81065.\ 10\text{-}4.\ A + 0{,}147488.\ S + 0{,}06390.\ Lc$

Contoh perhitungan R, R^2, R' dan R'^2 pada persamaan debit puncak Y_8 adalah :

n (data pengamatan) = 5, dan k (jumlah variabel bebas) = 3

$\Sigma\ (Y_2 - Y_r)^2\ =\ 2{,}8152$

$\Sigma\ (Y - Y_r)^2\ =\ 3{,}1051$

$$R\ =\ \sqrt{\frac{\sum_{1=1}^{n}(Y_2 - Y_r)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Y - Y_r)^2}}\ =\ 0{,}99944188649 \qquad R^2\ =\ 0{,}998884084$$

$$R'\ =\ \sqrt{[1 - \frac{(1 - RM^2)(n-1)}{(n-k)}}\ =\ 0{,}999069637619 \qquad R'^2\ =\ 0{,}9981401408$$

Sedangkan perhitungan kesalahan standar adalah sebagai berikut :

$$\Sigma\ (Y - Y_2)^2 = 0,00128976098$$

$$SEY = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Y - Y_2)^2}{n-1}} = 0,01165897478$$

Perhitungan model waktu puncak disajikan pada lampiran 25. Dari analisa waktu puncak pada lampiran 18 - lampiran 39, maka didapatkan beberapa rumus alternatif waktu puncak seperti tercantum pada tabel berikut :

Tabel 4.5 Tentang Hasil Analisa Model Waktu Puncak (Tp)

No.	Model Waktu Puncak (Tp)
1	$Tp_1 = 1,1905902.\ A^{0,2190}.\ S^{0,0005}.\ L^{-0,0035}.\ Lc^{0,0002}$
2	$Tp_2 = -9,23172 + 0,08338.\ A + 1,73653.\ 10^{-3}.\ S - 8,696654.\ 10^{-7}.\ L + 6,19496.\ 10^{-6}.\ Lc$
3	$Tp_3 = 1,80143.\ A^{0,10260}.\ S^{0,00056}.\ L^{-0,00086}$
4	$Tp_4 = 3,35957.\ 10^{-2}.\ A^{0,99843}.\ S^{0,00080}.\ L_c^{0,00135}$
5	$Tp_5 = 8,54516.\ 10^{-1}.\ A^{0,30988}.\ L^{-0,00266}.\ Lc^{0,00020}$
6	$Tp_6 = 4,26173.\ 10^{-1}.\ S^{0,45991}.\ L^{0,67484}.\ L_c^{0,53941}$
7	$Tp_7 = 1,47735.\ 10^{-1} + 0,00934.\ A + 2,49801.\ 10^{-6}.\ S + 1,51804.\ 10^{-7}.\ L$
8	$\mathbf{Tp_8 = 1,86721 + 4,81065.\ 10^{-4}.\ A + 0,147488.\ S + 0,06390.\ Lc}$
9	$Tp_9 = - 6,55240.\ 10^{-8} + 0,03338.\ A + 5,18694.\ 10^{-9}.\ L - 3,98628.\ L_c$
10	$Tp_{10} = 1,28519 + 0,24524.\ S - 0,04909.\ L + 0,29655.\ Lc$
11	$Tp_{11} = 2,03161.\ 10^{-1}.\ A^{0,79973}.\ S^{0,06153}$
12	$Tp_{12} = 8,835491.\ 10^{-1}.\ A^{0,29929}.\ L^{-0,00039}$
13	$Tp_{13} = 3,34403.\ 10^{-2}.\ A^{0,99944}.\ L_c^{0,00032}$
14	$Tp_{14} = 1,02290.\ 10^{-4}.\ S^{1,23299}.\ L^{-0,72745}$
15	$Tp_{15} = 1,60148.\ S^{0,51099}.\ L_c^{0,95139}$
16	$Tp_{16} = 1,31887.\ 10^{-2}.\ L^{1,72022}.\ L_c^{-0,02643}$
17	$Tp_{17} = 1,91127.\ 10^{-1} + 0,0,00634.\ A + 2,96231.\ 10^{-5}.\ S$
18	$Tp_{18} = 3,29719.\ 10^{-8} + 0,03338.\ A - 2,10338.\ 10^{-9}.\ L$
19	$Tp_{19} = - 2,81629.\ 10^{-9} + 0,03338.\ A + 2,34686.\ 10^{-9}.\ L_c$
20	$Tp_{20} = - 5,15206 + 42,86778.\ S + 2,71173.\ 10^{-1}.\ L$
21	$Tp_{21} = 4,38376\ 10\text{-}1 + 46,71684.\ S + 2,95853.\ 10^{-1}.\ Lc$
22	$Tp_{22} = 7,67363\ 10\text{-}1 - 0,01049.\ L + 3,08156.\ 10^{-1}.\ Lc$

Sumber : Hasil Perhitungan

4.4 Kriteria Akurasi Model

Pemilihan model terbaik ditetapkan berdasarkan pada kriteria-kriteria sebagai berikut :

1. Variabel bebas dan variabel tak bebas/terikat mempunyai hubungan/korelasi yang cukup kuat, dengan besarnya koefisien korelasi (R) antara 0,60 - 1,00, dan koefisien penentu/determinasi berganda (R^2) mempunyai nilai yang besar.
2. Nilai perkiraan kesalahan standar (SEY) yang kecil.
3. Penentuan penggunaan model yang akan digunakan pada daerah studi didasarkan oleh signifikansi koefisien variabel bebas menggunakan uji - t
4. Terdapat pengaruh nyata antara variabel bebas dengan variabel tak bebas/terikat dalam model regresi dengan menggunakan uji - F.
5. Pengujian koefisien regresi dan koefisien korelasi untuk model waktu puncak (T_p) terpilih.

Berdasarkan kriteria pemilihan model tersebut, maka model waktu puncak (T_p) terpilih dalam analisa ini adalah :

$$Tp_8 = 1{,}86721 + 4{,}81065.\ 10^{-4}.\ A + 0{,}147488.\ S + 0{,}06390.\ Lc$$

dengan nilai :

R = 0,99944188649

R^2 = 0,99888408446

R' = 0,99906963762

R'^2 = 0,99814014085

SEY = 0,01165897478

4.5 Pengujian Hipotesa

4.5.1 Uji - F

Uji - F merupakan metode untuk menguji derajat kepercayaan koefisien penentu (determinasi) regresi berganda. Dengan rumus (Soewarno, 1995) :

$$F = \frac{RM^2.(n-m)}{(1-RM^2).(m-1)},$$ pada derajat kebebasan n_1 = m - 1, dan n_2 = n - m

dengan :

F = nilai F terhitung

RM^2 = koefisien penentu (determinasi)

n = jumlah pengamatan

m = jumlah total variabel bebas dan variabel tak bebas

n_1 = derajat kebebasan variabel

n_2 = derajat kebebasan pengamatan

sehubungan dengan persamaan tersebut diatas, maka dapat dibuat hipotesa sebagai berikut :

$H_o : R^2 = 0$, tidak berbeda nyata dengan nol, atau dengan kata lain tidak ada hubungan antara variabel yang digunakan dalam analisa model regresi berganda.

$H_1 : R^2 \neq 0$, berbeda nyata dengan nol, atau dengan kata lain terdapat hubungan yang nyata antara variabel yang digunakan dalam analisa model regresi berganda.

Pengujian pada derajat kepercayaan tertentu, apabila nilai F ternyata lebih kecil dari nilai F dalam tabel, maka hipotesa nol (H_o) diterima dan menolak hipotesa alternatif (H_1), sebagaimana yang tersaji pada lampiran 50.

Contoh perhitungan untuk uji - F adalah sebagai berikut :

Persamaan model waktu puncak terpilih, yaitu :

$Tp = 1{,}86721 + 4{,}81065.\ 10^{-4}.\ A + 0{,}147488.\ S + 0{,}06390.\ Lc$

$RM^2 = 0{,}99888408446$

$n = 5$

$m = 4$

$$F_{hitung} = \frac{RM^2.(n-m)}{(1-RM^2).(m-1)}$$

$$= \frac{0{,}99888408446.(5-4)}{(1-0{,}99888408446).(4-1)}$$

$$= 25848{,}154641$$

Untuk derajat kebebasan $n_1 = m - 1 = 3$, dan $n_2 = n - m = 1$, dari hasil pembacaan pada tabel dengan derajat kepercayaan 95 % diterima, maka diperoleh nilai $F_{tabel} = 19{,}000$. Sedangkan dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai $F_{hitung} = 25848{,}154641$ yang lebih besar dari nilai pada F_{tabel} (1731.499 > 19,160). Hal ini menunjukkan bahwa nilai RM' memang tidak sama dengan nol, atau dengan kata lain bahwa variabel A, S, dan L_c bersama-sama mempengaruhi besarnya waktu puncak (T_p).

4.5.2 Uji Koefisien Regresi

Uji koefisien regresi merupakan metode untuk menguji apakah nilai dari koefisien regresi sama dengan nol atau tidak. Apabila nilai dari koefisien regresi ini ternyata sama dengan nol, maka garis regresinya akan mendatar. Pertambahan ataupun pengurangan variabel bebas tidak akan merubah nilai dari variabel tak bebas/terikat, oleh karena itu perlu dilakukan pengujian apakah nilai koefisien regresi sama dengan nol atau tidak. Metode statistik uji - t dapat digunakan untuk melakukan pengujian (Soewarno,1995).

$$t = \frac{a_1 - A}{S_a}$$

$$S_a = \frac{SEY}{\left\{\sum_{i=1}^{n}\left(X_i - \overline{X}\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}}}$$

dengan :

t = nilai uji - t, dengan derajat kebebasan sebesar n - 2

a_1 = koefisien regresi

A = koefisien regresi yang telah diketahui (nilai A = 0)

S_a = deviasi koefisien regresi

SEY = kesalahan standar dari perkiraan nilai Y

Contoh perhitungan untuk uji koefisien regresi adalah sebagai berikut :

Persamaan Model Waktu Puncak (T_p) Terpilih, yaitu :

Tp = 1,86721 + 4,81065. 10^{-4}. A + 0,147488. S + 0,06390. Lc

<u>Pengujian untuk T_p dengan A :</u>

n = 5

a_1 = 4,81065. 10^{-4}

Y_r = 2,248

SEY = 0,0116589748

$\Sigma (X_2 - X_r)^2$ = 134762,990

d_k = 3

$$S_a = \frac{SEY}{\left\{\sum_{i=1}^{n}\left(X_i - \overline{X}\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}}}$$

$$= \frac{0,0116589748}{\{134762,990\}^{0.5}}$$

$$= 3,17596\ .10^{-5}$$

$$t = \frac{a_1 - A}{S_a}$$

$$= \frac{4,81065.10^{-4} - 0}{3,17596.10^{-5}}$$

$$= 15,14707$$

t_α = 3,182

Karena t > t_α (15,14707 > 3,182), maka hipotesa nol (H_o) ditolak dan menerima hipotesa alternatif (H_i : $a_1 \neq 0$). Oleh karena itu, dapat dinyatakan bahwa terdapat hubungan linier antara luas DAS (A) dan besarnya waktu puncak (T_p).

Perhitungan antara T_p dengan variabel bebas yang lain tersaji pada lampiran 50.1.

4.5.3 Uji Koefisien Korelasi

Uji koefisien korelasi merupakan metode untuk menguji nilai dari koefisien korelasi (R) yang berada cukup jauh dari nol atau R ≠ 0. Apabila nilai dari R mendekati nol, maka nilai dari koefisien penentu/determinasi (RR) cenderung sama dengan nol. Akan tetapi jika nilai dari R mendekati +1 atau -1, maka RR ≠ 0. Pengujian dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut (Soewarno, 1995) :

$$t = \frac{R(n-2)^{0.5}}{\left(1 - R^2\right)^{0.5}}$$

dengan :

t = nilai uji - t, dengan derajat kebebasan sebesar n - 2

R = nilai koefisien korelasi

Apabila nilai t lebih kecil dari t_{tabel}, untuk derajat kebebasan n - 2, maka hipotesa yang menyatakan bahwa nilai R ≠ 0 dapat diterima.

Contoh perhitungan untuk uji koefisien korelasi adalah sebagai berikut :

Persamaan Model Waktu Puncak (T_p) Terpilih, yaitu :

$Tp = 1{,}86721 + 4{,}81065.\ 10^{-4}.\ A + 0{,}147488.\ S + 0{,}06390.\ Lc$

Dari tabel hasil analisa Model Waktu Puncak (T_p) maka didapatkan :

R = 0,99906963762

$$t = \frac{R(n-2)^{0.5}}{\left(1-R^2\right)^{0.5}}$$

= 3493,89495

Untuk derajat kebebasan 3, pada tabel diperoleh nilai t_α sebesar 3,182 pada derajat kepercayaan 5 %, sedangkan dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai t_{hitung} sebesar 3493,89495. Oleh karena nilai dari $t_{hitung} > t_\alpha$ (3493,89495 > 3,182), maka hipotesa nol (H_o) ditolak dan menerima hipotesa alternatif H_i : $a_1 \neq 0$ (Soewarno, 1995). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa antara variabel bebas yang berupa A, S, dan L_c dengan variabel terikat berupa T_p terdapat hubungan yang linier, seperti tersaji pada lampiran 50.2.

4.5.4 Tes Penyimpangan

Tes ini dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh penyimpangan ordinat dari metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) yang sudah digunakan terhadap ordinat hidrograf satuan dari banjir pengamatan. Dari hasil tes penyimpangan, maka metode yang penyimpangannya cukup rendah akan dapat digunakan di sub DAS lainnya dengan karakteristik yang sama dengan daerah studi.

Persamaan yang digunakan untuk mengetahui penyimpangan ordinat dari metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) terhadap ordinat hidrograf satuan dari banjir pengamatan adalah sebagai berikut:

$$P_Y = \left| \frac{\sum Y_P - \sum \hat{Y}_S}{\sum Y_P} \right| x100\%$$

dengan :

P_Y = penyimpangan ordinat dalam prosentase

ΣY_p = jumlah ordinat hidrograf satuan dari banjir pengamatan

ΣY_s = jumlah ordinat hidrograf satuan sintetis

Dari Lampiran 65 didapatkan besarnya nilai dari :

$\sum Y_P = 216{,}585; \sum \hat{Y}_{S1} = 214{,}635; \sum \hat{Y}_{S2} = 222{,}161$

Tingkat prosentase penyimpangan antara HSS Model terhadap HSO :

$$P_Y = \left| \frac{\sum Y_P - \sum \hat{Y}_{S1}}{\sum Y_P} \right| x100\%$$

$$= 0{,}900\ \%$$

Prosentase penyimpangan 0,900 % adalah relatif kecil, artinya jumlah ordinat HSS Model dengan HSO mempunyai perbedaan yang relatif kecil. Sehingga menunjukkan bahwa HSS Model dapat digunakan dalam menentukan debit banjir pada DAS Grindulu secara akurat.

Tingkat prosentase penyimpangan antara HSS Nakayasu terhadap HSO :

$$P_Y = \left| \frac{\sum Y_P - \sum \hat{Y}_{S2}}{\sum Y_P} \right| x100\%$$

$$= 2{,}575\ \%$$

Prosentase penyimpangan 2,575 % adalah besar, artinya jumlah ordinat HSS Nakayasu dengan HSO mempunyai perbedaan yang besar. Sehingga menunjukkan bahwa HSS Nakayasu ini kurang tepat dalam menentukan debit banjir pada DAS Grindulu.

Dari Lampiran 69 didapatkan besarnya nilai dari :

$\sum Y_{PV} = 201{,}486; \sum \hat{Y}_{S1} = 276{,}816$

Tingkat prosentase penyimpangan antara HSS Model terhadap HSO Verifikasi :

$$P_Y = \left| \frac{\sum Y_{PV} - \sum \hat{Y}_{S1}}{\sum Y_{PV}} \right| x100\%$$

$$= 37{,}388\ \%$$

Prosentase penyimpangan 37,388 % adalah cukup besar (< 30%), artinya jumlah ordinat HSS Model dengan HSO Verifikasi mempunyai perbedaan yang cukup besar atau 70 % mewakili kondisi sebenarnya. Prosentase penyimpangan yang cukup besar ini disebabkan oleh faktor penyebaran hujan yang tidak merata dalam DAS tersebut.

Perhitungan prosentase penyimpangan HSS Model terhadap HSO, HSS Nakayasu terhadap HSO selengkapnya terdapat pada Lampiran 65, sedangkan HSS Model terhadap HSO Verifikasi terdapat pada Lampiran 69.

4.6. Ringkasan dan Pembahasan Hasil Analisis Perhitungan

DAS Grindulu ini terdapat lima Sub DAS yakni Sub DAS K. Jati, Sub DAS K. Jelok, Sub DAS K. Semanten, Sub DAS K. Sukorejo, dan Sub DAS K. Mlati. Karakteristik fisik masing-masing Sub DAS yang diperlukan dalam studi ini menggunakan 4 (empat) parameter yaitu, luas Sub DAS (A), panjang sungai utama (L), jarak antara titik berat daerah pengaliran dengan pelepasan (outlet) yang diukur sepanjang sungai utama (L_c), dan kemiringan sungai (S).

Dasar pemilihan lokasi studi adalah karena adanya ketersediaan data yang diperlukan dalam analisis. DAS Grindulu dianggap telah layak untuk dilakukan analisis.

Data-data yang digunakan dalam studi ini adalah :

1. Data rekaman AWLR (*Automatic Water Level Record*) mulai tahun 1991 - 2005 dari Stasiun AWLR Gunungsari.
2. Data curah hujan dari stasiun hujan otomatis (ARR) Punung mulai tahun 1991 – 2005.
3. Data curah hujan harian dari stasiun hujan manual (MRR) : stasiun Arjosari, stasiun Bandar, stasiun Nawangan, stasiun Pacitan, stasiun Purwosari, dan stasiun Tegalombo.
4. Peta topografi skala 1 : 250.000.

Hidrograf muka air yang dipilih dalam analisa ini adalah hidrograf dengan puncak tunggal karena akan memudahkan dalam proses analisa selanjutnya, hidrograf muka air yang dipilih juga bersesuaian dengan data hujan yang cukup agihan jam-jamannya. Data hujan yang digunakan dalam kajian ini adalah data hujan jam-jaman dan hujan harian yang diuji konsistensinya dengan menggunakan metode kurva massa ganda. Uji konsistensi data dilakukan dengan membandingkan kumulatif hujan stasiun yang diamati dengan kumulatif rerata hujan dari stasiun sekitar. Hasil uji konsistensi dapat digambarkan dalam bentuk kurva massa ganda seperti dalam lampiran 2.1 – lampiran 2.6 serta gambar 2.1 – gambar 2.6. Dari perhitungan data curah hujan pada stasiun pengamatan menunjukkan data konsisten, tidak mengalami penyimpangan dan dapat dipakai dalam perhitungan selanjutnya.

Selanjutnya hujan rerata dihitung dengan menggunakan metode Poligon Thiessen yang hasilnya dapat dilihat pada lampiran 4 – lampiran 7.10.3, metode ini memperhitungkan luas pengaruh stasiun hujan pada DAS tersebut.

Untuk keperluan analisa hidrograf satuan pengamatan diperlukan adanya perhitungan curah hujan efektif yang ditentukan dengan menggunakan indeks infiltrasi yang perhitungan dan hasilnya dapat dilihat pada lampiran 10. Proses perhitungan selanjutnya adalah mencari persamaan lengkung debit yang sesuai dan diperoleh persamaan $Q = 12{,}8322\ H^{2{,}2546}$. Dengan persamaan ini kemudian mengubah hidrograf muka air menjadi hidrograf debit, kemudian dilakukan pemisahan aliran langsung dan aliran dasar menggunakan metode garis Lurus (Straight Line Method), untuk perhitungan lebih lengkapnya dapat dilihat pada lampiran 8.

Setelah proses pemisahan aliran maka dilakukan analisa hidrograf satuan pengamatan. Dalam studi ini digunakan 9 data hidrograf. Analisa hidrograf satuan pengamatan untuk hujan majemuk dilakukan dengan menggunakan metode Collins, sedangkan untuk hujan tunggal dengan menggunakan metode perataan hitung. Perataaan hidrograf satuan tidak hanya dengan perataan ordinat masing-masing hidrograf satuan, tetapi juga merata-ratakan debit puncak dan waktu mencapai puncak masing-masing hidrograf satuan. Berdasarkan hasil perataan hidrograf satuan, maka diperoleh debit puncak rerata $Q_p = 46{,}175\ m^3$/det/mm dan waktu puncak $T_p = 3{,}222$. Kemudian dibuat Hidrograf Satuan Pengamatan (HSO) tak berdimensi untuk mendapatkan Hidrograf Satuan Pengamatan (HSO) Rerata, yang perhitungan dan hasilnya dapat dilihat pada lampiran 11 – lampiran 16.

Berdasarkan tujuan dari studi adalah untuk mendapatkan model waktu puncak (Tp) berdasarkan pengolahan data hujan dan HSO dengan melibatkan beberapa parameter fisik DAS yang meliputi luas DAS (A), panjang sungai utama (L), kemiringan sungai (S), dan panjang sungai diukur sampai titik terdekat dengan titik berat DAS (L_c).

Pemodelan waktu puncak (T_p) dalam kajian ini adalah dengan menggunakan analisa regresi linier berganda dan regresi linier berpangkat berganda dengan orde 4, orde 3, dan orde 2. Waktu puncak (T_p) sebagai variabel terikat yang diperoleh dari perbandingan luas sub-sub DAS dengan luas DAS keseluruhan berdasarkan waktu puncak rerata. Sedangkan untuk variabel bebasnya adalah parameter fisik DAS yaitu luas DAS (A), panjang sungai utama (L), kemiringan sungai (S), dan panjang sungai diukur sampai titik terdekat dengan titik berat DAS (L_c). Untuk perhitungan analisa regresi dapat dilihat pada lampiran 18 – lampiran 39.

Dari hasil analisa regresi didapatkan model terpilih yaitu :

Tp_8 = 1,86721 + 4,81065. 10^{-4}. A + 0,147488. S + 0,06390. Lc

dengan nilai :

R = 0,99944188649

R^2 = 0,99888408446

R' = 0,99906963762

R'^2 = 0,99814014085

SEY = 0,01165897478

Jadi model waktu puncak untuk DAS Grindulu terbentuk dari parameter luas DAS (A), panjang sungai diukur sampai titik terdekat dengan titik berat DAS (L_c). Pemilihan model didasarkan pada beberapa kriteria sebagai berikut :

1. Variabel bebas dan variabel tak bebas/terikat mempunyai hubungan/korelasi yang cukup kuat, dengan besarnya koefisien korelasi (R) antara 0,60 - 1,00, dan koefisien penentu/determinasi berganda (R^2) mempunyai nilai yang besar.
2. Nilai perkiraan kesalahan standar (SEY) yang kecil.
3. Penentuan penggunaan model yang akan digunakan pada daerah studi didasarkan oleh signifikansi koefisien variabel bebas menggunakan uji - t
4. Terdapat pengaruh nyata antara variabel bebas dengan variabel tak bebas/terikat dalam model regresi dengan menggunakan uji - F.
5. Pengujian koefisien regresi dan koefisien korelasi untuk model waktu puncak (T_p) terpilih.

Analisa model kurva naik dan kurva turun didekati dengan 3 bentuk model yaitu linier, berpangkat dan eksponensial sedangkan untuk gradient kurva naik (m_1) dan gradien kurva turun (m_2) adalah dengan coba banding. Berdasarkan hasil analisa dari ketiga model tersebut diperoleh model kurva naik yaitu Qn_3 = Qp. $[(t / Tp)]^{2,531}$ dengan nilai R = 0,98444, R^2 = 0,96911, dan SEY = 0,54546 sedangkan untuk kurva turun Qt_3 = Qp. $[(Tp / t)]^{1,577}$ dengan nilai R = 0,97147, R^2 = 0,97848 dan SEY = 0,27486. Dasar pemilihan model kurva naik dan kurva turun tersebut adalah dengan memandang nilai R, R^2 terbesar dan SEY terkecil, sehingga penyimpangan ordinat yang dihasilkan relatif kecil.

Setiap model waktu puncak (Tp) yang dibangun harus diuji keakuratannya, model waktu puncak (Tp) yang terpilih perlu diuji keakuratannya dengan menggunakan uji statistik yaitu uji-F, uji koefisien regresi, uji koefisien korelasi, dan perlu adanya tes penyimpangan. Berdasarkan hasil uji statistik terhadap model terpilih , maka dapat dikatakan bahwa model terpilih adalah mempunyai hubungan yang linier, korelasi yang kuat, kesalahan standar yang kecil, penyimpangan yang kecil serta kesesuaian dengan faktor-faktor hidrologis dan rasionalitas sehingga model ini dapat direkomendasikan dalam menentukan waktu puncak banjir pada DAS Grindulu. Model yang dihasilkan juga diverifikasi dengan Hidrograf Satuan Pengamatan (HSO) diluar data model yang dibangun, yaitu pada Tanggal 11 - 12 Desember 2005 dan dari hasil verifikasi diperoleh besarnya penyimpangan HSS Model dengan HSO Verifikasi sebesar 37,388 %. Prosentase penyimpangan yang cukup besar ini disebabkab oleh faktor penyebaran hujan yang tidak merata dalam DAS tersebut.

Sebagai pembanding model Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) yang dibangun adalah HSS Nakayasu. Prosentase penyimpangan antara HSS Nakayasu terhadap HSO 2,575 % adalah besar, artinya jumlah ordinat HSS Nakayasu dengan HSO mempunyai perbedaan yang besar. Namun apabila dibandingkan dengan HSO Verifikasi, HSS Nakayasu prosentasenya lebih kecil.

.