



## STUDI PENGEMBANGAN MODEL HIDROGRAF SATUAN SISTETIS SNYDER UNTUK SUNGAI –SUNGAI DI SULAWESI SELATAN

MUHAMAD YAMIN

Fakultas Teknik UNMAS Mataram

*e-mail: sumberdayaair8@gmail.com*

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis parameter-parameter yang berpengaruh pada metode hidrograf satuan sintetis Snyder. Penelitian dilakukan pada 11 DAS di Propinsi Sulawesi Selatan, 8 DAS untuk pemodelan dan 3 DAS lainnya untuk tes keandalan (verifikasi model).

Dengan data hujan, data debit dan karakteristik DAS yang diperoleh dari masing-masing DAS dilakukan analisis terhadap parameter-parameter yang berpengaruh pada pembuatan hidrograf dari metode HSS Snyder. Kemudian dibandingkan dengan hidrograf satuan pengamatan yang dianalisis dengan metode Collins.

Setelah dilakukan kalibrasi didasarkan dengan kriteria NASH diperoleh Waktu Puncak ( $T_p$ )= 97.996%; Debit Puncak ( $Q_p$ )= 98.331% dan Waktu Dasar ( $T_b$ )= 99.700%. Penggambaran lengkung hidrograf menggunakan titik bantu W, dimana memberikan hasil penyimpangan volume yaitu: 7.980%, 9.227%; 6.855%; 4.966%; 10.972% dan 9.843% ini relatif kecil bila dibandingkan model dengan menggunakan Lengkung Alexejeyev dengan penyimpangan : 22.362%; 29.991%; 26.319%; 19.602%; 29.786% dan 17.633%.

Kata kunci : Hidrograf Satuan Sintetis, Sungai, karakteristik DAS

### ABSTRACT

*This study aims to analyze the parameters that influence the Snyder synthetic unit hydrograph method. The study was conducted on 11 watersheds in South Sulawesi Province, 8 watersheds for modeling and 3 other watersheds for reliability testing (model verification).*

*With rainfall data, the discharge data and watershed characteristics obtained from each watershed were analyzed for parameters that affected the hydrograph breakdown of the Snyder HSS method. Then compared to the hydrograph of the observation unit which was analyzed by the Collins method.*

*After calibration was done with the NASH criteria obtained Peak Time ( $T_p$ ) = 97.996%; Peak Discharge ( $Q_p$ ) = 98.331% and Basic Time ( $T_b$ ) = 99.700%. The curved delineation of the hydrograph uses the auxiliary point W, which gives the result of volume deviation, namely: 7.980%, 9.227%; 6.855%; 4.966%; 10.972% and 9.843% are relatively small when compared to the model using Alexejeyev Arch with deviations: 22.362%; 29.991%; 26,319%; 19.602%; 29,786% and 17,633%.*

*Keywords: Synthetic Unit Hydrograph, River, watershed characteristics*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Penentuan banjir rancangan memberikan hasil yang bermanfaat bila disajikan dalam bentuk hidrograf banjir. Informasi yang dapat diberikan dari hasil [engalihragaman hujan menjadi hidrograf limpasan akan lebih banyak. Salah satu cara yang selama ini dianggap baik adalah penurunan hidrograf satuan dari hidrograf banjir pengamatan merupakan kendala utama yang dihadapi akhir-akhir ini. Akhirnya

dikembangkan penurunan hidrograf yang didasarkan sintesis parameter bentuk aliran sungai yang dikenal dengan hidrograf sintesis (Bisri dan Andawayanti,1995)

Tidak semua Daerah Aliran Sungai (DAS) mempunyai data pengukuran debit yang dapat digunakan sebagai dasar untuk menurunkan hidrograf satuan. Dengan demikian berkembang penurunan hidrograf satuan sintesis yang didasarkan atas karakteristik fisik dari suatu DAS. Hidrograf satuan yang diturunkan berdasarkan data hujan dan data debit hanya berlaku untuk daerah aliran sungai yang dimaksud dan untuk titik disungai dimana data debit diukur. Untuk titik lain disungai yang sama atau untuk DAS yang tidak mempunyai hidrograf satuan dapat digunakan model hidrograf satuan yang dikembangkan berdasarkan karakteristik fisik DAS yang dikenal dengan istilah Hidrograf Satuan Sintesis atau disingkat HSS (Chow,1988)

## Identifikasi Masalah

Metode hidrograf satuan sintesis telah banyak dikembangkan oleh para pakar,antara lain Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Snyder yang dikembangkan berdasarkan karakteristik DAS-DAS di dataran tinggi Appalachian Amerika Serikat oleh F.F. Snyder bila diterapkan pada suatu DAS di Indonesia belum tentu sesuai. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan karakteristik, kondisi dan pola hujan antara DAS-DAS di Indonesia (khususnya di Sulawesi Selatan) dengan daerah dimana metode ini dikembangkan.

Dalam metode HSS Snyder termuat 2 parameter non fisik yaitu  $C_t$  dan  $C_p$  dimana merupakan koefisien-koefisien yang bergantung pada satuan DAS (Wilson,1993). Berdasarkan nilai  $C_t$  dan  $C_p$  harus ditentukan secara empirik, karena besarnya berubah-ubah antara daerah yang satu dengan yang lain. Dengan demikian maka terjadi kesulitan dalam pemakaian metode tersebut,khususnya pemakaian pada sungai-sungai di Sulawesi selatan.

Untuk lebih dapat diterima di daerah penelitian (Propinsi Sulawesi Selatan), maka metode HSS Snyder harus disesuaikan dengan karakteristik dan kondisi setempat. Penelitian ini menggunakan sejumlah DAS di Sulawesi Selatan yang dianggap memenuhi syarat untuk diteliti dan mewakili kondisi yang ada,sehingga diharapkan memperoleh suatu perumusan banjir yang memadai.

## Rumusan Masalah

Dari identifikasi permasalahan tersebut di atas, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaiman bentuk hidrograf satuan yang telah diturunkan dari debit banjir pengamatan di daerah penelitian ?
2. Penyesuaian model HSS Snyder yang mendekati bentuk hidrograf satuan yang diturunkan dari debit banjir pengamatan di daerah penelitian ?
3. Berapa besar tingkat sensitivitas dari parameter-parameter DAS terhadap unsur-unsur HSS Snyder yang telah disesuaikan dengan kondisi daerah setempat ?

## Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Secara umum tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan suatu model peramalan debit banjir secara sintesis yang memadai untuk sungai-sungai di Sulawesi Selatan yang belum terdapat pengukuran. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menambah wawasan keilmuan dan mengembangkan ilmu hidrologi terutama dalam hal parameter debit banjir secara sintesis.
2. Mempermudah penggunaan HSS Snyder untuk DAS pada sungai di Propinsi Sulawesi Selatan dengan tingkat keandalan yang memadai
3. Sebagai alat bantu untuk menghitung debit banjir rancangan dengan parameter yang sesuai guna perencanaan bangunan air.

Adapun kegunaan dari penelitian ini adalah untuk memberikan masukan yang relatif akurat bagi para perencana, praktisi dan semua pihak yang berkepentingan dengan perencanaan bangunan pengairan berupa:

1. Bentuk hidrograf satuan sintesis untuk memprediksi debit banjir secara sintesis dengan tingkat keakuratan yang memadai
2. Sebagai dasar untuk keperluan perencanaan dalam proyek-proyek pengairan di Propinsi Sulawesi Selatan
3. Sebagai motivasi untuk pengembangan penelitian lebih lanjut guna mendapatkan rumusan-rumusan yang sejenis dalam bidang hidrologi khususnya dalam hal analisa perkiraan debit banjir.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini mengambil lokasi pada sejumlah sungai di Sulawesi selatan. Lokasi yang dipilih adalah merupakan satu kesatuan Wilayah Sungai, yaitu satuan Wilayah Sungai Jeneberang karena mempunyai data pengamatan yang cukup memadai. Pemilihan lokasi ini didasarkan atas ketersediaan dan kelengkapan data yang dapat menunjang akurasi dari hasil penelitian. Secara umum pada daerah penelitian disyaratkan:

1. Terdapat data pengukuran debit (AWLR)
2. Terdapat data pencatatan hujan dari alat penakar hujan manual dan otomatis
3. Tidak terdapat waduk/tampungan dibagian hulu dari stasiun hidrometri (AWLR) pada DAS yang bersangkutan

### Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini data yang digunakan merupakan data karakteristik DAS, peta topografi, data AWLR, data pengukuran hujan otomatis, dan data pengukuran hujan manual dari masing-masing DAS yang diteliti. Data-data tersebut diperoleh dari Dinas Pengairan dan Proyek Pengelolaan Sumber Air dan Pengendalian Banjir tingkat I Propinsi Sulawesi Selatan

### Tahapan Penelitian

Secara garis besar penelitian ini terdiri dari 5 tahapan:

1. Analisis data karakteristik DAS (peta topografi), data curah hujan dan data pengukuran AWLR
2. Analisis hidrograf satuan dari tiap-tiap DAS yang diteliti
3. Penyesuaian HSS Snyder di daerah penelitian
4. Tes keandalan hasil penelitian
5. Membuat kesimpulan dan saran

## HASIL ANALISA DATA DAN PEMODELAN

DAS yang digunakan dalam penelitian dari kegiatan pengumpulan data diperoleh 12 data DAS yang ada di Sulawesi Selatan dengan luas dibawah 800 km<sup>2</sup>.

Tabel: 1 Data DAS yang diteliti beserta luasnya

No	Nama Sungai	SWS (Satuan Wilayah Sungai)	Luas (km) <sup>2</sup>
1.	Maros	Jeneberang	601
2.	Tallo	Jeneberang	369
3.	Jeneberang	Jeneberang	757
4.	Pamukkulu	Jeneberang	390
5.	Allu	Jeneberang	121
6.	Kellara	Jeneberang	508.29
7.	Bialo	Jeneberang	152
8.	Balangtieng	Jeneberang	208
9.	Lolisang	Jeneberang	182.61
10.	Tangka	Jeneberang	102.60
11.	Tamanroya	Jeneberang	136
12.	Tino	Jeneberang	63

Sumber: Hasil Analisis

Dari sejumlah data sungai DAS yang diperoleh tidak semuanya memenuhi syarat untuk diteliti. Satu buah sungai yaitu sungai Lolisang tidak digunakan dalam penelitian, karena sungai tersebut peneliti tidak mendapatkan data-data seperti AWLR, karakteristik DAS yang dapat mewakili kondisi dilapangan. Dalam penelitian ini peneliti hanya menggunakan 11 DAS, 8 data DAS untuk pemodelan dan 3 data DAS untuk tes keandalan (verifikasi model). Selain luas DAS beberapa parameter yang diteliti dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel: 2 Nilai-nilai parameter DAS yang diteliti

No	Nama DAS	A (km) <sup>2</sup>	L (km)	L <sub>c</sub> (km)	L <sub>b</sub> (km)	S	F <sub>c</sub>
1.	Maros	601	65	32.39	51.135	0.0230	0.142
2.	Tallo	369	61	24.63	43.750	0.3100	0.099
3.	Jeneberang	757	80	35.75	76.250	0.0195	0.118
4.	Pamukkulu	390	42	25.43	41.00	0.0300	0.221
5.	Allu	121	28	13.20	27.210	0.0660	0.154
6.	Kellara	508.29	70	25.53	64.125	0.0350	0.075
7.	Tangka	203	53	21.72	43.22	0.0431	0.072
8.	Tamanroya	244	70	24.32	59.49	0.0263	0.048

Sumber: Hasil Analisis

Tabel: 3 (Lanjutan)

No	Nama DAS	K (km)	W <sub>r</sub> (km)	A <sub>i</sub> (km)
1.	Maros	145.625	17.045	77.67
2.	Tallo	95.251	14.583	65.34
3.	Jeneberang	157.135	25.417	97.55
4.	Pamukkulu	95.325	13.677	56.93
5.	Allu	57.462	8.851	35.81
6.	Kellara	125.325	21.375	62.70
7.	Tangka	46.385	18.731	20.925
8.	Tamanroya	102.179	22.371	58.735

Sumber: Hasil Analisis

Dimana:

A = Luas DAS (km)<sup>2</sup>

L = Panjang sungai utama (km)

L<sub>c</sub> = Panjang sungai utama diukur dari tempat pengukuran samapai titik disungai utama yang terdekat dengan titik berat DAS (km)

L<sub>b</sub> = Panjang DAS maksimum sepanjang aliran sungai utama (km)

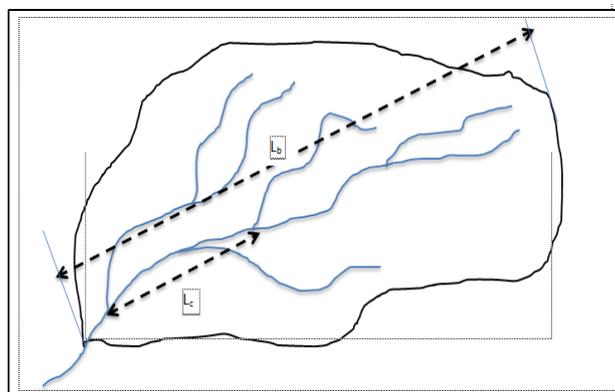
S = Kemiringan rata-rata sungai utama

K = Keliling DAS (km)

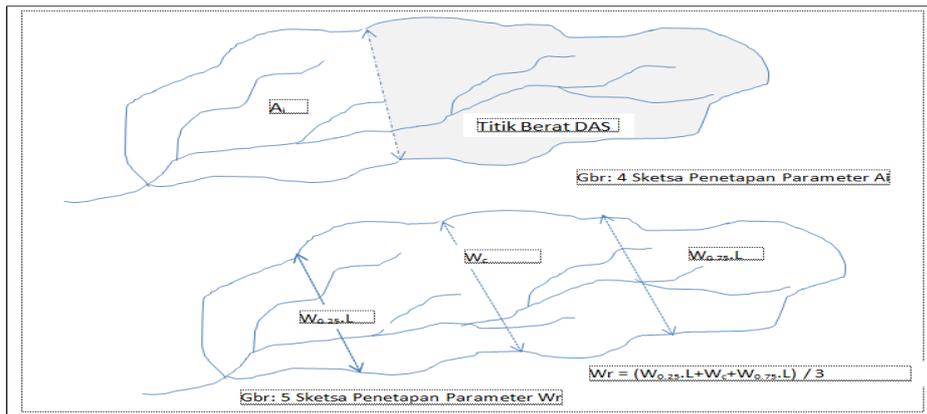
FD = Faktor bentuk;  $FD = K/A$  (Suwignyo,2000)

A<sub>i</sub> = Luas DAS sebelah hilir (km)<sup>2</sup>

W<sub>r</sub> = Lebar rata-rata DAS sepanjang aliran sungai utama, yaitu rata-rata dari lebar DAS pada  $\frac{1}{4}$  panjang sungai (W.25.L),  $\frac{3}{4}$  panjang sungai (W.75.L) dan pada titik disungai utama yang terdekat dengan titik berat DAS (W<sub>c</sub>) Km, pengukuran dilakukan dari stasiun AWLR



Gambar: 1 Sketsa penetapan



Gbr: 2 Sketsa Penetapan Parameter  $W_r$

Hidrograf yang dihitung untuk setiap kasus banjir belum merupakan hidrograf satuan yang dapat dianggap mewakili DAS yang bersangkutan. Untuk ini diperlukan hidrograf satuan yang diturunkan dari banyaknya kasus banjir, kemudian dirata-ratakan untuk memperoleh hidrograf satuan yang dianggap mewakili DAS yang bersangkutan. Rata-rata tersebut bukan rata-rata aritmetika tetapi hanya puncaknya saja yang dirata-ratakan. Untuk lengkung kurva hidrograf satuan disesuaikan dengan kira-kira ditengah antara kasus banjir tersebut (Mulyani,1993). Unsur-unsur hidrograf satuan yang meliputi  $T_p$  (Waktu Puncak),  $Q_p$  (Debit Puncak) dan  $T_b$  (Waktu Dasar). Dari masing-masing DAS dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel: 4 Unsur-unsur hidrograf satuan pada sungai/DAS yang diteliti

No	Nama DAS	$Q_p$ ( $m^3/det$ )	$T_p$ (jam)	$T_b$ (jam)
1.	Maros	20.971	7.448	45
2.	Tallo	22.500	6.310	34
3.	Jeneberang	23.285	8.233	36
4.	Pamukkulu	15.350	5.076	32
5.	Allu	10.560	5.025	21
6.	Kellara	12.530	9.000	42
7.	Tangka	7.472	3.261	18
8.	Tamanroya	8.474	5.000	25

Sumber: Hasil Analisis

Tabel: 5 Unsur Hidrograf Satuan Sintetis Snyder

No	Nama DAS	A ( $km^2$ )	L (km)	$L_c$ (km)	$Q_p$ ( $m^3/det$ )	$T_p$ (jam)	$T_b$ (jam)
1.	Maros	601	65	32.39	19.244	7.851	52.762
2.	Tallo	369	61	24.63	12.853	7.175	47.478
3.	Jeneberang	757	80	35.75	21.884	8.609	58.499
4.	Pamukkulu	390	42	25.43	21.036	4.641	31.474
5.	Allu	121	28	13.20	6.094	4.968	31.667
6.	Kellara	508.29	70	25.53	12.354	7.443	49.148
7.	Tangka	203	53	21.72	7.472	3.261	18.265
8.	Tamanroya	244	70	24.32	8.474	5.000	25.327

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan yang disajikan pada tabel 5 jelas sekali terjadi penyimpangan yang besar jika dibandingkan dengan data pengamatan di daerah studi pada tabel 4. Ketidak akuratan tersebut mungkin disebabkan oleh kondisi, pola hujan dan karakteristik DAS didaerah penelitian tidak sama dengan daerah dimana metode ini dikembangkan. Disamping itu estimasi harga  $C_c$  dan  $C_p$  mungkin kurang cocok dilapangan di daerah penelitian.

Persamaan-persamaan yang dibuat oleh Snyder ini penggunaannya dibatasi untuk daerah dataran tinggi Appalachian Amerika Serikat dengan luas DAS yang digunakan untuk pemodelan mencapai  $30.000 km^2$  (Sri

Harto,1985). Untuk dapat digunakan di daerah studi hidrograf satuan sintetis Snyder harus dimodelkan/disesuaikan dengan kondisi pola hujan, dan karakteristik daerah setempat.

### Kalibrasi

Setelah diperoleh model regresi terpilih dari waktu puncak ( $T_p$ ), debit puncak ( $Q_p$ ) dan waktu dasar ( $T_b$ ), tahapan selanjutnya adalah dilakukan kalibrasi model ini adalah untuk memeriksa ketepatan-ketepatan parameter hidrograf satuan yang dimodelkan. Kalibrasi parameter ini didasarkan pada ketelitian NASH

$$KN = \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{pi} - Q_{mi})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{pi} - Q_{pi})^2} \right] \times 100\%$$

Dimana:

$Q_{pi}$  = Debit puncak pengamatan ke-i ( $m^3/det$ )

$Q_{mi}$  = Debit puncak model ke-i ( $m^3/det$ )

$Q_p$  = Debit puncak pengamatan rata-rata ( $m^3/det$ )

Dari proses kalibrasi yang dilakukan diperoleh kriteria NASH untuk:

- Waktu puncak ( $T_p$ )                      KN = 97.996 %
- Debit puncak ( $Q_p$ )                      KN = 98.331 %
- Waktu Dasar ( $T_b$ )                      KN = 99.700 %

Tabel: 6 Kalibrasi Hasil Pemodelan Waktu Puncak ( $T_p$ ) Hidrograf Satuan Sintetis

Nama DAS	L (km)	$L_c$ (km)	S	$W_r$ (jam)	$T_p M$ (jam)	$T_p P$ (jam)	$(T_p P - T_p M)^2$ (jam)	$(T_p P - T_p P)^2$ (jam)	Nash (%)
(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Maros	65	32.39	0.0230	17.045	6.879	7.448	0.324	55.473	97.996
Tallo	61	24.63	0.3100	14.583	6.761	6.310	0.203	39.816	
Jeneberang	80	35.75	0.0195	25.417	8.769	8.233	0.287	67.782	
Pamukkulu	42	25.43	0.0300	13.677	5.608	5.076	0.283	25.766	
Allu	28	13.20	0.0660	8.851	5.340	5.025	0.099	25.251	
Kellara	70	25.53	0.0350	21.375	10.000	9.000	1.000	4.628	
7.2262	6.8487	2.197	218.217						

Tabel : 7 Kalibrasi Hasil Pemodelan Debit Puncak ( $Q_p$ ) Hidrograf Satuan Sintetis

Nama DAS	A (km)	$T_p$ (jam)	L (m)	$Q_p M$ ( $m^3/det$ )	$Q_p P$ ( $m^3/det$ )	$(Q_p P - Q_p M)^2$ (jam)	$(Q_p P - Q_p P)^2$ (jam)	Nash (%)
Maros	601	7.448	65	19.576	20.971	1.945	439.783	98.331
Tallo	369	5.731	61	24.052	22.500	2.408	506.250	
Jeneberang	757	8.233	80	22.618	23.285	0.444	542.191	
Pamukkulu	390	5.076	42	17.170	15.350	3.311	235.623	
Allu	121	4.450	28	12.493	10.560	3.736	111.514	
Kellara	508.29	5.120	70	13.750	12.530	1.488	157.001	
Hasil Analisis				18.276	17.533	13.333	1992.361	

Tabel : 8 Kalibrasi Hasil Pemodelan Waktu Dasar ( $T_b$ ) Hidrograf Satuan Sintetis

Nama DAS	$Q_p$ ( $m^3/det$ )	$T_p$ (jam)	$T_b M$ ( $m^3/det$ )	$T_b P$ ( $m^3/det$ )	$(T_b P - T_b M)^2$ (jam)	$(T_b P - T_b P)^2$ (jam)	Nash (%)
Maros	20.971	7.448	43.60	45.00	1.968	1.945	99.700
Tallo	17.568	5.731	33.45	34.00	0.302	2.408	
Jeneberang	25.285	8.233	33.00	36.00	9.000	0.444	
Pamukkulu	15.350	5.076	29.98	32.00	4.080	3.311	
Allu	9.560	4.450	20.00	21.00	1.000	3.736	
Kellara	16.394	5.120	43.00	42.00	1.000	1.488	
Hasil Analisis			33.838	35.00	17.351	5781.000	

Hasil Analisis

## Verifikasi Model

Verifikasi model dilakukan untuk mengetahui apakah model HSS Snyder yang sudah disesuaikan/dikembangkan berdasarkan karakteristik DAS pada sungai di Sulawesi selatan layak digunakan atau tidak. Verifikasi model ini dilakukan pada sungai Bialo, sungai Balangtiang dan sungai Tino, ketiga sungai ini tidak dilakukan dalam pembuatan model regresi.

Dengan menggunakan rumus-rumus dari model terpilih komponen hidrograf satuan untuk sungai Bialo, sungai Balangtiang dan sungai Biano dapat diperoleh hasil perhitungan seperti pada tabel 9.

Tabel: 9 Verifikasi Hasil Pengembangan Model Waktu Puncak ( $T_p$ ) HSS Snyder

Nama Sungai	L (km)	$L_c$ (km)	S	$W_r$ (km)	$T_p M$ (jam)	$T_p P$ (jam)	Penyimp (%)	Ketelitian (%)
Bialo	39	14.99	0.0634	12.453	3.97	4.143	3.186	96.814
Balangtieng	53	26.33	0.0356	16.772	5.76	5.691	4.678	95.322
Tino	24	13.25	0.0592	7.437	2.11	3.691	3.095	96.905

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel: 10 Verifikasi Hasil Pengembangan Model Debit Puncak ( $Q_p$ ) HSS Snyder

Nama Sungai	A (km)	$T_p$ (km)	L	$Q_p M$ (km)	$Q_p P$ (jam)	Penyimp (%)	ketelitian (%)
Bialo	39	5.591	39	11.483	11.802	10.829	89.171
Balangtieng	53	6.329	53	13.886	11.223	9.986	90.014
Tino	24	4.681	24	8.667	10.632	9.817	90.183

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel: 11. Verifikasi Hasil Pengembangan Model Waktu Dasar ( $T_b$ ) HSS Snyder

Nama Sungai	$T_p$ (km)	$Q_p$ (km)	$T_b M$ (jam)	$T_b P$ (jam)	Penyimp (%)	ketelitian (%)
Bialo	5.591	6.802	13.754	13.836	12.842	87.158
Balangtieng	6.329	8.223	20.641	20.951	19.966	80.034
Tino	4.681	10.632	9.788	11.236	10.364	89.636

Sumber: Hasil Perhitungan

Penelitian ini mengkaji sejumlah DAS yang diduga berpengaruh terhadap penyesuaian model HSS untuk kondisi sungai-sungai di Sulawesi selatan. Dari hasil analisis ditemukan beberapa karakteristik DAS dimana bersamaan dengan, A, L,  $L_c$  (yang merupakan parameter utama Snyder) membentuk model hidrograf satuan sintesis dengan tingkat hubungan yang sangat tinggi. Karakteristik DAS tersebut meliputi S,  $W_r$ .

### Model Waktu Puncak ( $T_p$ )

Dari hasil pemodelan waktu puncak HSS Snyder sebagai fungsi karakteristik DAS sungai-sungai di Sulawesi Selatan di peroleh dengan persamaan:

$$T_p = 44.2588.L^{-0.669} \cdot L_c^{0.0817} \cdot S^{-0.0093} \cdot W_r^{0.2224}$$

Dengan  $R^2 = 99.1\%$ ,  $R = 99.6\%$  dan  $(SE \ln T_p) = 0.1293$  jam. Faktor penting yang menentukan besarnya waktu puncak untuk model HSS Snyder pada sungai di Sulawesi Selatan adalah, S dan  $W_r$  selain dari faktor utama L dan  $L_c$ . Lebih rinci parameter karakteristik DAS tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### a. Parameter S

Pemakaian parameter S didasarkan atas keterkaitan antara waktu pengaliran dengan kecepatan aliran. Semakin cepat aliran maka waktu pengaliran semakin singkat. Dengan kemiringan dasar saluran yang besar maka aliran akan lebih cepat. Sehingga para pakar hidrolik selalu mencantumkan parameter kemiringan dasar saluran untuk menghitung kecepatan aliran, diantaranya yang dirumuskan oleh Manning dan Chezy

$$\text{Manning } V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$\text{Chezy } V = \sqrt{R \cdot S}$$

Dengan demikian parameter S cukup berpengaruh terhadap penentuan waktu puncak banjir.

b. Parameter  $W_r$

Hampir semua peneliti model hidrograf senantiasa memasukan jarak. Hanya model HSS Gama I yang memasukan faktor lebar ke dalam bentuk persamaan waktu naik, dimana faktor lebar merupakan perbandingan lebar DAS yang diukur pada 0.75 L dan 0.25L.

Pada kenyataan air yang masuk ke sungai dari suatu catchment area tidak hanya berasal dari bagian hulu sungai yang bersangkutan. Proses masuknya limpasan dimungkinkan berasal dari arah kiri dan kanan sungai. Namun demikian parameter  $W_r$  yang merupakan jarak tempuh limpasan langsung akibat hujan dari arah melintang sungai dianggap cukup berpengaruh terhadap besaran waktu puncak. Dari hasil analisis parameter ini cukup signifikan di dalam model untuk menentukan waktu puncak.

**Model Debit Puncak ( $Q_p$ )**

Dari hasil pemodelan debit puncak HSS Snyder sebagai fungsi karakteristik DAS sungai-sungai di Sulawesi Selatan diperoleh dengan persamaan:

$$Q_p = 0,9246.A^{-0,00393} \cdot T_p^{-1,00933} \cdot L1.16$$

Dengan  $R^2 = 97.9 \%$ ,  $R = 99.1 \%$  dan  $(SE \ln Q_p) = 0.7846 \text{ m}^3/\text{det}$

Faktor-faktor penting yang menentukan besarnya debit puncak untuk model HSS Snyder pada sungai-sungai di Sulawesi Selatan adalah L. Parameter L dikombinasikan dengan parameter utama A dan  $T_p$ . Volume air yang mengalir melalui tempat pengukuran merupakan air yang dikuras dari suatu DAS. Sehingga terlihat bahwa dalam hal ini sangat tergantung pada luas DAS dan panjang sungai. Pada debit puncak panjang sungai bukan sebagai variabel jarak tempuh sebagaimana disebutkan dalam model waktu puncak. Panjang sungai disini berperan sebagai faktor pembawa (mengalirkan) volume air/banjir yang dikuras dari suatu DAS. Panjang sungai merupakan suatu unsur pokok pembentuk luas DAS, secara umum dapat dikatakan bahwa semakin besar L, maka semakin besar pula A.

**Model Waktu Dasar ( $T_b$ )**

Dari pemodelan, Waktu Dasar HSSnyder sebagai fungsi karakteristik DAS sungai-sungai di Sulawesi selatan dapat diperoleh dengan persamaan:

$$T_b = 0.0625.T_p^{2,76} \cdot Q_p^{0,336}$$

Dengan  $R^2 = 99.7 \%$ ,  $R = 99.9 \%$  dan  $(SE \ln T_b) = 0.1084 \text{ jam}$

Dengan menggunakan rumus-rumus dari model regresi terpilih untuk menghitung unsur hidrograf satuan pada sungai Bialo, sungai Balangtieng dan sungai Tino maka dapat diperoleh besarnya tingkat keandalan model sebagai berikut:

• **Sungai Bialo**

Waktu Puncak ( $T_p$ )= 96.814 %  
 Debit Puncak ( $Q_p$ )= 89.171 %  
 Waktu Dasar ( $T_b$ ) = 87.158 %

• **Sungai Balangtieng**

Waktu Puncak ( $T_p$ ) = 95.252 %  
 Debit Puncak ( $Q_p$ ) = 90.014 %  
 Waktu Dasar ( $T_b$ ) = 80.043 %

• **Sungai Tino**

Waktu Puncak ( $T_p$ )= 96.906 %  
 Debit Puncak ( $Q_p$ ) = 90.183 %  
 Waktu Dasar ( $T_b$ ) = 89.636 %

Untuk mendapatkan lengkung hidrografnya dalam penelitian ini menggunakan titik-titik bantu  $W_{10}$  sampai dengan  $W_{90}$  yang sudah disesuaikan dengan karakteristik yang ada seperti yang ditulis pada persamaan dibawah ini:

$$\begin{aligned} W_{10} &= 9.966.A^{-0,000534} \cdot Q_p^{0,126} \\ W_{20} &= 5.508.A^{-0,0011} \cdot Q_p^{0,253} \\ W_{30} &= 3.221.A^{-0,0016} \cdot Q_p^{0,379} \\ W_{40} &= 9.966.A^{-0,00214} \cdot Q_p^{0,506} \\ W_{50} &= 9.966.A^{-0,00267} \cdot Q_p^{0,632} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{60} &= 9.966.A^{-0,0032} \cdot Q_p^{0,758} \\ W_{70} &= 9.966.A^{-0,00374} \cdot Q_p^{0,884} \\ W_{80} &= 9.966.A^{-0,00427} \cdot Q_p^{1,01} \\ W_{90} &= 9.966.A^{-0,00481} \cdot Q_p^{1,14} \end{aligned}$$

Tabel: 12 Perbandingan Volume Hidrograf Satuan

No	Nama sungai	Hidrograf Satuan				
		Pengamatan Volume (m <sup>3</sup> )	Model dgn Leng Alexejaues		Hasil Pengembangan	
			Volume (m <sup>3</sup> )	Penyimp	Volume (m <sup>3</sup> )	Penyimp (%)
1.	Maros	601000	774094.4	22.361	653120	7.980
2.	Tallo	369000	527074.3	29.991	406510	9.227
3.	Jeneberang	757000	1027408	26.319	812714	6.855
4.	Pamukkulu	390000	485089	19.062	410378.8	4.966
5.	Allu	121000	172330	29.786	135912.8	10.972
6.	Kellara	508291	617108	17.633	564410	9.943
Penyimpangan maksimum (%)				29.991		10.972
Penyimpangan minimum (%)				17.633		7.98
Penyimpangan rata-rata (%)				24.282		8.324

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel: 13 Perbandingan HSS Snyder dengan Hasil Pengembangan Model HSS Snyder di Sulawesi Selatan

HSS Snyder (1938)	Espey, Altman, Geaves (1977)	Goles Das, Hussain	Harisiswoyo (2001)	Muhamad Yamin (2004)
$tp = Ct.(L.Lc)^{0.3}$	$Tp = 3.1 L^{0.23} S^{-0.25} I_{\phi}^{1.57}$	$tp = 1.13x (L.Lc/\sqrt{S})^{0.2769}$	$Tp = (Ct.(L^{9.313}.Lc^{1.3467})^{0.3}$	$Tp = 44.259.L^{-0.067}.Lc^{0.0822}.S^{0.0093}.Wr^{0.2224}$
$Qp = 2.78. Cp.A / tp$	$Qp = 31.62x10^3.ATp^{-0.95}$	$Qp = 0.315.A^{0.93}.S^{0.53}$	$Qp = Cp(A/Tp^{1.6032})^{0.5194}$	$Qp = 0.925.A^{-0.00393}.Tp^{1.00933}.L^{1.160}$
$Tb = 72 + 3.tp$ $Tb = 5.56 / qpR$ $Ct = 0.90 - 3.00$ $Cp = 0.90 - 1.40$	$Tb = 125.89x103.AQp^{0.59}$		$Tb = 2.7832.A^{0.375}.Qp^{-0.57}.L^{0.436}$	$Tb = 0.0625.Tp^{2.76}.Qp^{0.336}$
$W_{50} = 2.14.(Qp/A)^{1.08}$	$W_{50} = 116.22x10^3.Aqp^{0.92}$		$W_{50} = 0.1054.A^{1.229}.Qp^{-1.227}$	$W_{10} = 9.966.A^{0.000534}.Qp^{0.126}$
$W_{75} = 1.22 (Qp/A)^{1.08}$	$W_{75} = 3.24x10^3.Aqp^{-0.78}$		$W_{75} = 0.0809.A^{1.128}.Qp^{-1.143}$	$W_{30} = 3.221.A^{-0.0016}.Qp^{0.379}$ $W_{50} = 9.966.A^{0.00267}.Qp^{0.632}$ $W_{70} = 9.966.A^{0.00374}.Qp^{0.884}$ $W_{90} = 9.966.A^{-0.00481}.Qp^{1.14}$

**Keterangan :**

- Snyder Lokasi Penelitian sejumlah sungai di Kawasan Pegunungan Appalchian Amerika Serikat (Luas DAS 30-30.000 km<sup>2</sup>)
- Espey, Altman, Graves Lokasi Penelitian 41 sungai di Amerika Serikat (Luas DAS 36-38.850 km<sup>2</sup>)
- Goles, Das dan Hussain Lokasi Penelitian sejumlah DAS di India dengan Luas DAS dibawah 700 km<sup>2</sup>
- Hari Siswoyo Lokasi Penelitian di beberpa DAS di Jawa Timur dengan luas DAS di bawah 700 km<sup>2</sup>
- Muhamad Yamin Lokasi Peneliti Sungai-sungai di Sulawesi Selatan (Luas DAS 121 – 757 km<sup>2</sup>)

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Dari hasil penelitian yang dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Bentuk dan unsur-unsur hidrograf satuan yang diturunkan dari kasus banjir pengamatan untuk sungai-sungai di Sul-Sel dengan melihat hasil pemodelan untuk parameter pada rumusan Snyder perlu dikombinasikan dengan sejumlah karakteristik DAS yang berpengaruh terhadap akurasi pemakaian rumus Snyder untuk sungai utama (S) dan lebar rata-rata DAS sepanjang sungai utama yang rata-rata dari lebar DAS pada ¼ panjang sungai ,3/4 panjang sungai dan pada titik disungai utama yang terdekat dengan titik berat DAS (Wr) dari kombinasi dari kedua parameter tersebut dengan parameter dari

Snyder diperoleh model untuk bentuk persamaan Snyder Modifikasi sebagai fungsi karakteristik DAS sungai-sungai di Sul-Sel.

2. Pemakaian model kurva Alexejeyev tidak dapat mengikuti fluktuasi hidrograf yang dihasilkan dari penelitian ini, dimana dari kontrol volume diperoleh nilai penyimpangan sangat besar. Mengatasi masalah diatas maka agar dapat sesuai dengan hasil pemodelan, penggambaran hidrograf didasarkan atas bentuk kurva yang dibuat oleh Snyder dengan menggunakan titik bantu W50 dan W75, akan tetapi dalam penelitian ini penulis menggunakan titik-titik bantu  $W_{10}$  sampai  $W_{90}$  yang telah disesuaikan dengan kondisi setempat. Titik – titik tersebut dihubungkan sehingga membentuk suatu hidrograf.
3. Dari ke 8 DAS yang dimodelkan hanya 6 DAS yang bisa mengikuti model, hal ini disebabkan karena waktu tempuh dari kedua DAS tersebut jauh perbedaannya dan model tidak bisa digunakan untuk DAS Tamanroya dan Tangka.
4. Dari model terpilih seperti disajikan dalam tabel 11 dilakukan uji kendala. Uji ini dilakukan dalam 2 tahapan pengecekan model, yaitu kalibrasi yang bertujuan untuk memeriksa ketepatan parameter hidrograf sat satuan yang dimodelkan, dan verifikasi yang bertujuan untuk membuktikan bahwa model sudah sesuai dengan yang ada di lapangan tanpa mengubah atau mengatur data.

## Saran-saran

Untuk lebih mendekati kondisi yang sebenarnya perlu dilakukan generalisasi pada lokasi-lokasi yang lebih luas dan verifikasi pada sejumlah lokasi lainnya. Disamping itu perlu dilakukan peningkatan hasil penelitian dengan menggunakan kuantitas data yang lebih banyak dan kualitas data yang lebih baik agar lebih mengakuratkan hasil penelitian yang diperoleh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bisri, Mdan Andarwayanti, Ussy 1995. *Kalibrasi Parameter Hidrograf Satuan Sintetis Snyder (Studi Kasus di sub DAS Lesti, Genteng dan Amporong)* Prosiding PIT X HATHI Cabang Ujung Pandang
- Chow, V.T., Maidment, D.R., and Mays, L.W. 1998. *Applied Hydrology Singapore. Mc.Graw-Hill*
- Hari Siswoyo 2001, *Pengembangan HSS Snyder untuk Sungai-sungai di Jawa Timur*. Thesis Magister Teknik Institusi Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Sri Harto, 1995a, *Hidrologi Teknik Institut Teknologi Bandung*
- \_\_\_\_\_ 1995b, *Pengkajian Sifat Dasar Hidrograf Satuan Sungai-sungai di Pulau Jawa untuk Perkiraan Banjir*. Desertasi Program Doktor Universitas Gajah Mada Yogyakarta