

ANALISIS PARAMETER ALFA HIDROGRAF SATUAN SINTETIK NAKAYASU PADA DAS DI PULAU FLORES

Denik S. Krisnayanti¹ (denik.krisnayanti@staf.undana.ac.id)
 John H. Frans² (johnhendrikfrans@gmail.com)
 Emanuel U. M. Halema³ (umbumeta18@gmail.com)

ABSTRAK

Pulau Flores termasuk wilayah sungai strategis nasional sehingga perlu dikaji data karakteristik DAS sebagai dasar perhitungan debit banjir metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu. Metode ini sederhana karena parameter inputnya sedikit. Namun penerapan HSS Nakayasu dijumpai kesulitan dalam penentuan parameter α (alfa) yang bersifat perkiraan. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh bentuk DAS di pulau Flores terhadap nilai alfa menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG), mengetahui persamaan parameter alfa sesuai karakteristik DAS di pulau Flores, dan mengetahui besar koefisien determinasi dan standar error persamaan alfa yang diperoleh. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh bentuk DAS berdasarkan SIG yaitu DAS memanjang dan kompleks menghasilkan kisaran nilai alfa 1,5 - 2. Adapun bentuk DAS radial dan paralel berkisar antara 2 - 3. Nilai alfa rata-rata DAS kompleks sebesar 1,783, DAS memanjang sebesar 1,928, DAS paralel sebesar 2,076, dan DAS radial sebesar 2,131. Persamaan parameter α (alfa) hasil regresi non linear diperoleh $\alpha = 0,47 \cdot A^{0,036} \cdot L^{0,597} / Tg$. Koefisien determinasi sebesar 0,989. Standar error hasil estimasi sebesar 2%.

Kata Kunci: Regresi non linear; sistem informasi geografis; koefisien determinasi; standar error

ABSTRACT

Flores Island is included in the national strategic river area, so data on watershed characteristics need to be assessed as the basis for calculating the Synthetic Unit Hydrograph (SUH) Nakayasu method. This method is simple because the input parameters are few. However, the application of SUH Nakayasu was found to be difficult in determining the parameter α (alpha) which is approximate. The study aims to determine the effect of Flores island watershed shape against alpha value using Geographic Information System (GIS), modeling the parameter equation alpha according to watershed characteristics on the island of Flores, and knowing the magnitude of the coefficient of determination and standard error of alpha equations obtained. The results showed the effect of the watershed shape based on GIS namely longitudinal and complex watershed produced a range of alpha values of 1.5 - 2. The the shape of radial and parallel watersheds ranged between 2 - 3. The average alpha value of complex watershed was 1,783, longitudinal watershed was 1,928, parallel watershed is 2,076, and radial watershed is 2,131. The equation α (alpha) results of non linear regression are obtained $\alpha = 0.47 \cdot A^{0.036} \cdot L^{0.597} / Tg$. The determination coefficient is 0.989. Standard estimated error is 2%.

Key Words: Non linear regression; geographic information system; determination coefficient; standard error

PENDAHULUAN

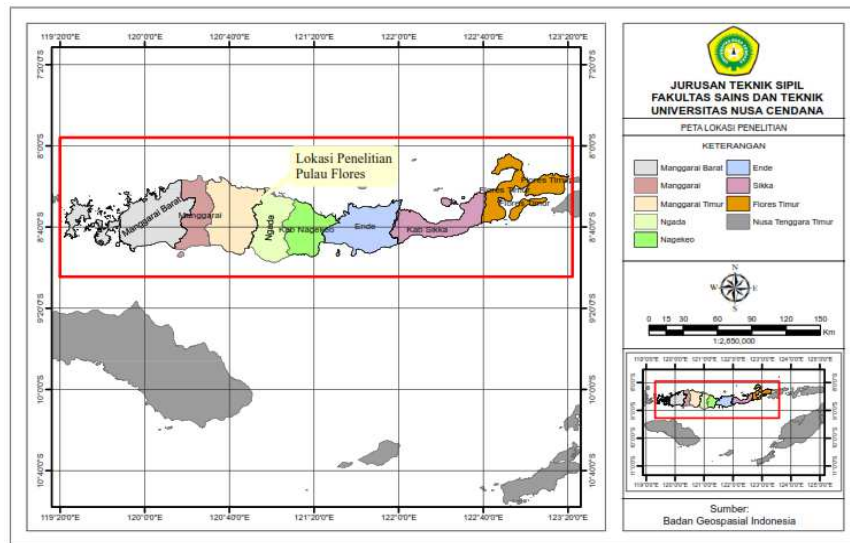
Pulau Flores, secara geografis terletak pada 08°0'0" – 09°0'0" LS dan 119°15'00" – 123°0'0" BT. Wilayah Sungai (WS) Flores terletak di 8 (delapan) kabupaten, yang tersebar di Propinsi Nusa Tenggara Timur, yaitu Kabupaten Manggarai Timur, Kabupaten Ngada, Kabupaten

¹ Program Studi Teknik Sipil, FST Undana;

² Program Studi Teknik Sipil, FST Undana;

³ Program Studi Teknik Sipil, FST Undana.

Nagekeo, Kabupaten Ende, Kabupaten Sikka, Kabupaten Manggarai, Kabupaten Flores Timur, Kabupaten Manggarai Barat.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Pulau Flores

Curah hujan di pulau Flores yang tertinggi pada Kabupaten Ngada dan Kabupaten Manggarai dengan tinggi curah hujan 2500 mm – 3500 mm/tahun. Pada Kabupaten Sikka, Manggarai Barat dan Manggarai Timur memiliki tinggi curah hujan 1000 mm – 1250 mm/tahun (Krisnayanti, 2018). Topografi pulau Flores berciri spesifik dengan gunung berapi dan kemiringan sangat curam yang tingginya lebih dari 2000 meter dan beberapa masih aktif. Pulau Flores merupakan pulau terbesar di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Pulau Flores termasuk dalam wilayah sungai strategis nasional dan memiliki daerah aliran sungai yang lebih banyak dan kompleks dibandingkan dengan pulau yang lain. (Sekretariat Kabinet RI, 2012).

Setiap wilayah sungai perlu dilakukan analisis data karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) yang selanjutnya akan dipergunakan sebagai dasar dalam merencanakan, melaksanakan, memantau dan mengevaluasi kegiatan konservasi Sumber Daya Air (SDA), pendayagunaan SDA dan pengendalian daya rusak air. Sejalan dengan pesatnya kemajuan dibidang teknologi, perkembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) telah ikut mengembangkan kemudahan manusia dalam menganalisis data-data berbasis geografis. Penerapan dan penggunaan SIG telah berkembang dikalangan akademisi negara-negara maju.

Penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) yang mengkaji data karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) di pulau Flores belum pernah dilakukan. Hasil analisis menggunakan SIG pada DAS di Pulau Flores bisa menjadi database yang digunakan dalam perhitungan debit banjir menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS). Identifikasi menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) telah dikaji dalam penelitian terdahulu dengan studi kasus di Pekanbaru (Teriyoko, 2014).

Metode analisis hidrograf satuan sintetik yang paling sederhana dan mudah digunakan dalam perhitungan debit banjir di Indonesia adalah metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu. Metode ini menggunakan data-data karakteristik DAS seperti luas DAS, panjang sungai, koefisien pengaliran, dan parameter alfa. Metode HSS Nakayasu diambil dari nama penemunya yaitu Nakayasu yang melakukan pengamatan hidrograf pada beberapa sungai di Jepang pada tahun 1948, yang kemudian membuat rumus HSS dari hasil pengamatannya tersebut.

Penerapan HSS Nakayasu seringkali dijumpai kesulitan dalam penentuan nilai α (alfa). Keakuratan dan ketepatan nilai α (alfa) akan sangat berpengaruh pada hasil yang didapatkan dalam menghitung debit puncak banjir. Biasanya ahli hidrologi hanya memperkirakan parameter alfa dengan melihat karakteristik DAS. Sedangkan di Pulau Flores belum pernah dilakukan analisis parameter α (alfa) berdasarkan kondisi karakteristik daerah aliran sungai yang ada di

pulau ini. Berdasarkan latar belakang diatas, maka perlu dilakukan analisis parameter α (alfa) Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu pada DAS di Pulau Flores.

TINJAUAN PUSTAKA

Bentuk-Bentuk DAS

Bentuk Daerah Aliran Sungai (DAS) mempunyai pengaruh pada pola aliran sungai dan ketajaman puncak banjir. Semakin bulat bentuk DAS berarti semakin singkat waktu konsentrasi yang diperlukan, sehingga semakin tinggi fluktuasi banjir yang terjadi. Sebaliknya semakin lonjong bentuk DAS, waktu konsentrasi yang diperlukan semakin lama sehingga fluktuasi banjir semakin rendah (Sinukaban, 2007). Bentuk-bentuk DAS yang terbentuk oleh aliran sungai dan kondisi topografinya dibagi dalam 4 macam yaitu:

1. Bentuk memanjang atau bulu burung,
2. Bentuk radial,
3. Bentuk paralel, dan
4. Bentuk kompleks.

Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Hidrograf Satuan Sintetik ini dikembangkan berdasarkan pemikiran bahwa pengalihragaman hujan menjadi aliran baik akibat pengaruh translasi maupun tampungan, dipengaruhi oleh sistem daerah pengalirannya. Hidrograf Satuan Sintetik merupakan suatu cara untuk memperkirakan penggunaan konsep hidrograf satuan dalam suatu perencanaan yang tidak tersedia pengukuran-pengukuran langsung mengenai hidrograf banjir (Limantara, 2010). Nakayasu dari Jepang menyelidiki hidrograf satuan pada beberapa sungai di Jepang. Ada beberapa parameter yang diperlukan dalam analisa menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu antara lain:

1. Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (*Time to Peak Magitude*),
2. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*Time Lag*),
3. Tenggang waktu hidrograf (*Time Base of Hydrograph*),
4. Luas daerah pengaliran (*Catchment Area*),
5. Panjang alur sungai utama terpanjang (*Length of The Longest Channel*),
6. Koefisien pengaliran (*Run off Coefficient*),

Dr.Nakayasu membuat rumus hidrograf satuan sintetis dari hasil penyelidikannya. Rumus yang dihasilkan adalah sebagai berikut (Kamiana, 2012).

$$Q_p = \frac{C A R_0}{3.6 (0,3T_p + T_{0,3})} \quad (1)$$

Dimana:

Q_p = Debit puncak banjir (m^3/dtk),

A = Luas daerah aliran sungai (Km^2),

R_0 = Hujan satuan (mm),

T_p = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (mm), dan

$T_{0,3}$ = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, 30% dari debit puncak (jam).

Persamaan kurva naik dan turun sebagai berikut:

(i) Pada Kurva Naik (*Rising Limb*)

$$0 \leq t < T_p$$

$$Q_a = Q_p * \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} \quad (2)$$

(ii) Pada Kurva Turun (*Decreasing Limb*)

$$T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$$

$$Q_{d1} = Q_p * 0,3^{\frac{t-T_p}{T_{0,3}}} \quad (3)$$

$$(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$$

$$Q_{d2} = Q_p * 0,3^{\frac{t-T_p+0,5 T_{0,3}}{1,5 T_{0,3}}} \quad (4)$$

$$(T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}) \leq T_p$$

$$Q_{d3} = Q_p * 0,3^{\frac{t-T_p+1,5 T_{0,3}}{2 T_{0,3}}} \quad (5)$$

Unsur-unsur waktu untuk perhitungan debit pada persamaan hidrograf satuan sintetik Nakayasu adalah:

$$T_p = T_g + 0,8 T_r \quad (6)$$

$$T_{0,3} = \alpha \times T_g \quad (7)$$

$$T_g = 0,4 + 0,058.L \quad \text{untuk } L > 15 \text{ Km.} \quad (8)$$

$$T_g = 0,21.L^{0,7} \quad \text{untuk } L \leq 15 \text{ Km.} \quad (9)$$

$$T_r = 0,5 T_g \text{ s/d } T_g. \quad (10)$$

Dimana:

T_p = Tenggang waktu (*time lag*) dari permulaan hujan sampai puncak banjir (mm),

T_g = Waktu dari titik berat hujan sampai debit puncak (jam),

$T_{0,3}$ = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai 30% debit puncak (jam), dan

T_r = Durasi hujan (jam).

Berdasarkan publikasi ilmiah (Sutapa, 2005), yang berjudul Kajian Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Untuk Perhitungan Debit Banjir Rancangan di Daerah Aliran Sungai Kodina di jelaskan bahwa penentuan nilai alfa digunakan pendekatan hubungan bentuk daerah pengaliran, yang dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\alpha = \frac{0,47 (A L)^{0,25}}{T_g} \quad (11)$$

Dimana:

T_g = Waktu dari titik berat hujan sampai debit puncak (jam),

A = Luas Daerah Pengaliran Sungai (Km^2), dan

L = Panjang sungai utama (Km).

Hidrograf Satuan Sintetik Gama I

Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Gama I asalnya dari Indonesia. Penemunya adalah Sri Harto melalui pengamatan pada ± 300 banjir sungai-sungai di Pulau Jawa (Limantara, 2010). Menentukan Hidrograf Satuan Sintetik Gama I menggunakan beberapa variabel pokok yaitu:

Waktu naik hidrograf (jam)

$$TR = 0,43 \left(\frac{L}{100 SF}\right)^3 + 1,0665.SIM + 1,2775 \quad (12)$$

Waktu dasar (jam)

$$TB = 27,4132.TR^{0,1457} S^{-0,0986} SN^{0,7344} RUA^{0,2574} \quad (13)$$

Debit puncak hidrograf (m^3/dtk)

$$Q_p = 0,1836 A^{0,5886} TR^{-0,4008} JN^{0,2381} \quad (14)$$

Koefisien tampungan (jam)

$$K = 0,5617 A^{0,1793} S^{-0,1446} SF^{-1,0897} D^{0,0452} \quad (15)$$

Dimana :

- A = Luas DAS (Km^2)
- L = Panjang sungai utama (Km)
- S = Kemiringan dasar sungai (m/Km)
- SF = Faktor sumber
- SN = Frekuensi sumber
- WF = Faktor lebar
- JN = Jumlah pertemuan sungai
- RUA = Luas DAS sebelah hulu
- SIM = Faktor simetris
- D = Kerapatan jaringan kuras (Km/Km^2)

Koefisien Limpasan Metode Arc-Runoff Curve Number

Model *Runoff Curve Number* (CN) dari *Soil Conservation Services* memperkirakan kelebihan hujan sebagai fungsi dari hujan kumulatif, jenis tanah penutup, tata guna lahan dan kelengasan tanah. Dalam Metode ini, ketebalan limpasan atau hujan efektif merupakan fungsi dari ketebalan hujan total dan parameter cerminan dari bilangan kurva limpasan disebut *Curve Number* atau CN. Metode ini dapat menggunakan *Software ArcGIS* dalam melakukan *overlay* dan penggabungan (*union*) data tutupan lahan dan peta jenis tanah. Peta jenis tanah hidrologi menggunakan peta hidrogeologi. Peta Hidrogeologi dengan informasi lengkap mengenai parameter yang dibutuhkan untuk penentuan HSG seperti permeabilitas tanah, posisi muka air tanah dari permukaan dapat dijadikan dasar penentuan jenis tanah hidrologi (*Hydrologic Soil Group, HSG*). Jenis tanah hidrologi terbagi menjadi 4 kelompok mulai dari jenis tanah A (sangat berpotensi menyerap air), B (potensi menyerap air moderat), C (potensi menyerap air kurang) dan D (potensi menyerap air sangat kurang) (Adidarma, 2013).

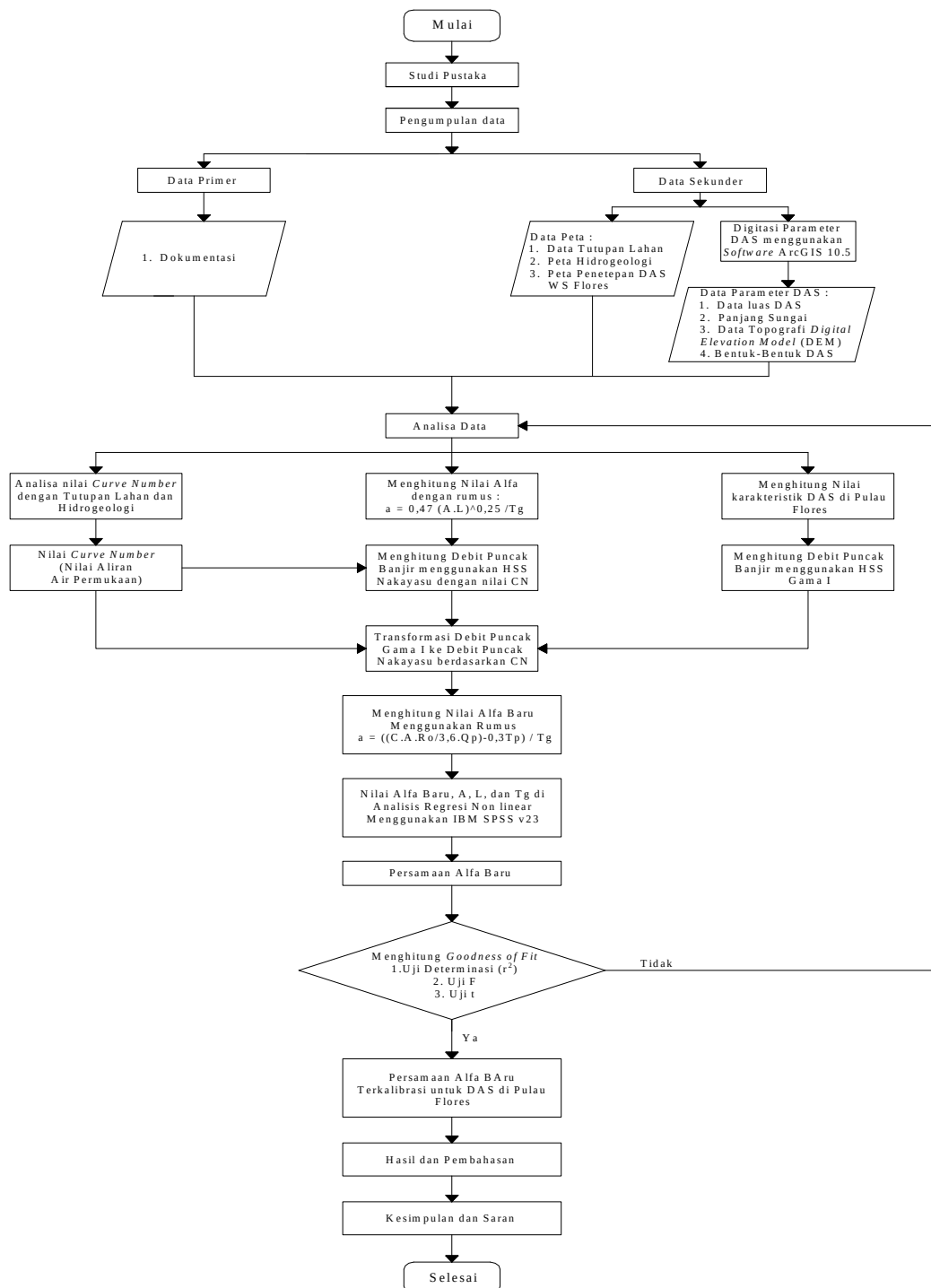
Pemodelan DAS menggunakan ArcGIS

Software ArcGIS 10.5 dapat digunakan untuk menganalisis data parameter hidrologi dengan menginstal *plugin* (fitur tambahan) *HEC-GeoHMS (Hydrologic Engineering Center's – Geospatial Hydrologic Modeling System)*. *HEC-GeoHMS* merupakan sebuah fitur tambahan *ArcGIS* yang berfungsi melakukan pengolahan data geospasial menjadi data-data karakteristik DAS dan alur sungai (Bangun, 2019). Langkah-langkah pemodelan DAS sebagai berikut:

1. Proses *Fill Sink*
2. Proses *Flow Direction* dan *Flow Accumulation*
3. Proses *Stream Definition* dan *Stream Segmentation*
4. Proses *Catchment Grid Delineation*, *Catchment Polygon Processing*, dan *Drainage Line*
5. Proses Pembentukan DAS dan Pengisian data Karakteristik fisik DAS.

METODELOGI PENELITIAN

Langkah-langkah Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

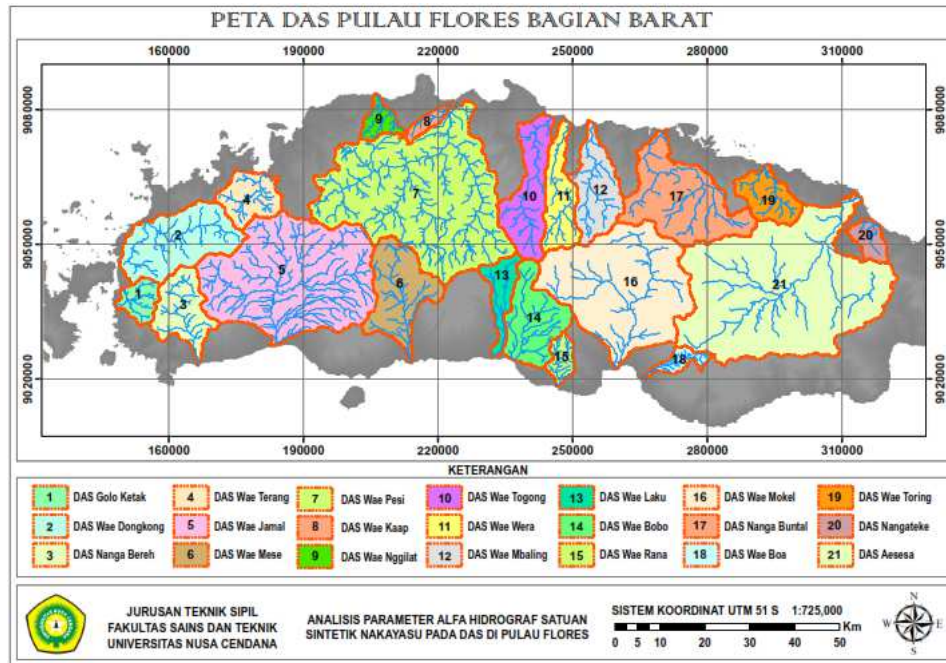
HASIL DAN PEMBAHASAN

Digitasi Parameter Fisik DAS

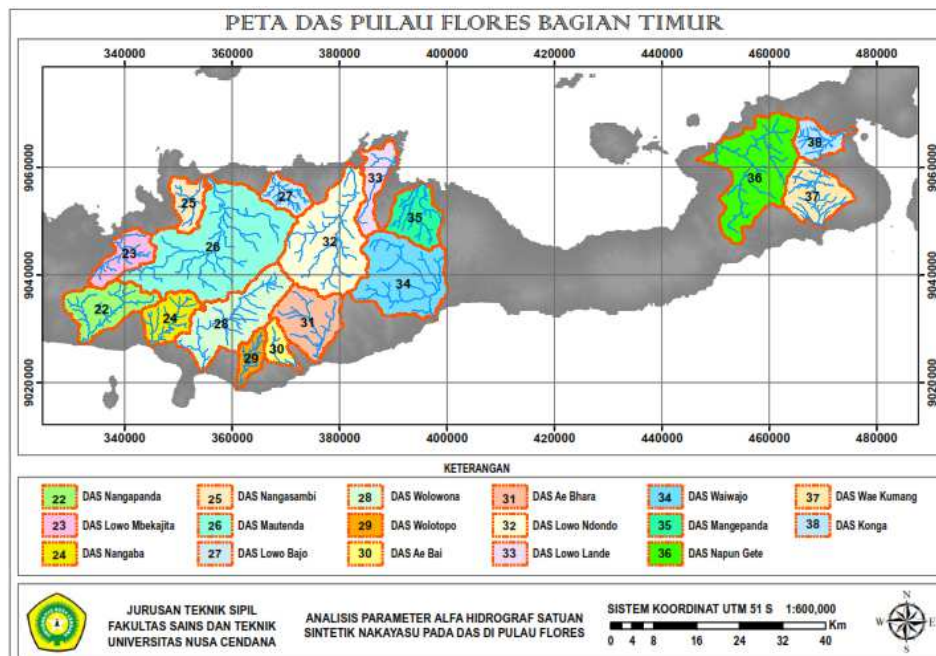
Pemodelan Daerah Aliran Sungai beserta data karakteristiknya menggunakan *Software* ArcGIS 10.5 membutuhkan data *Digital Elevation Model* (DEM). Data DEM yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari Badan Geospasial Indonesia.

Bentuk-Bentuk DAS di Pulau Flores

Bentuk-bentuk DAS di pulau Flores memiliki bentuk tersendiri berdasarkan kondisi topografinya. Data topografi diperoleh dari data *Digital Elevation Model* (DEM) kemudian dianalisis menggunakan ArcGIS 10.5, maka secara otomatis batas-batas DAS terbentuk. Hasil pembentukan DAS dapat di lihat pada Gambar 3 untuk pulau Flores bagian barat dan Gambar 4 untuk pulau Flores bagian timur.

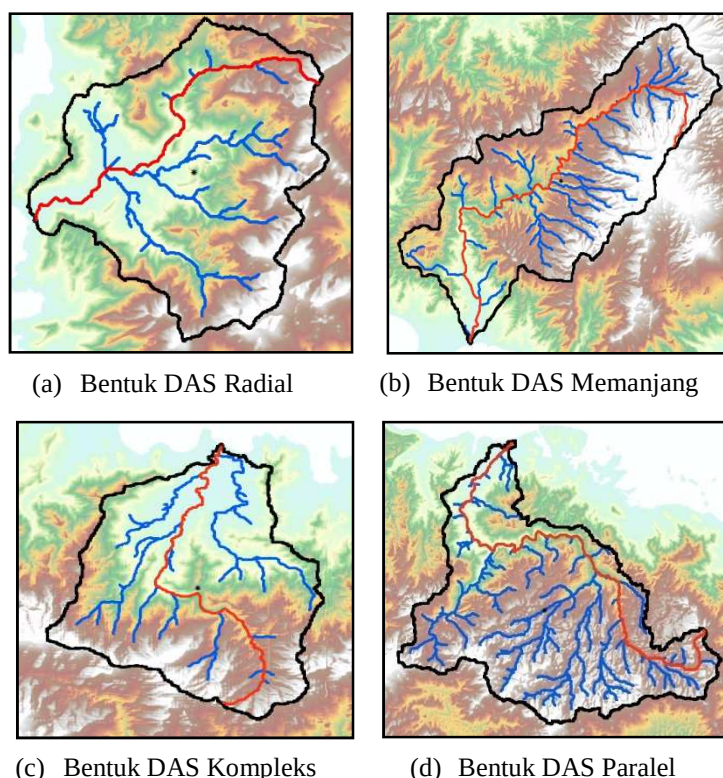


Gambar 3. Peta DAS di Pulau Flores Bagian Barat



Gambar 4. Peta DAS di Pulau Flores Bagian Timur

Pola sungai menentukan bentuk suatu daerah aliran sungai (DAS). Bentuk DAS mempunyai pengaruh yang besar terhadap aliran air sungai yaitu berpengaruh terhadap kecepatan terpusatnya aliran air. Setelah dilakukan digitasi menggunakan ArcGIS diperoleh batas-batas DAS dan pola aliran sungainya untuk DAS yang ada di pulau Flores. Berdasarkan hasil digitasi diperoleh empat bentuk DAS dengan gambar representatif pada Gambar 5.



Gambar 5. Bentuk DAS di Pulau Flores

Rekapitulasi hasil analisa bentuk-bentuk DAS di pulau Flores disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Bentuk-Bentuk DAS di Pulau Flores

No	Nama DAS	Luas	Panjang	Kabupaten	Bentuk
		Km ²	Km		
1	DAS Golo Ketak	66.97	15.23	Manggarai Barat	Radial
2	DAS Wae Dongkong	311.51	38.85	Manggarai Barat	Memanjang
3	DAS Nanga Bereh	171.55	36.88	Manggarai Barat	Memanjang
4	DAS Wae Terang	128.43	20.50	Manggarai Barat	Radial
5	DAS Wae Jamal	839.07	50.95	Manggarai Barat	Kompleks
6	DAS Wae Mese	248.53	42.83	Manggarai	Memanjang
7	DAS Wae Pesi	1034.19	61.06	Manggarai	Kompleks
8	DAS Wae Kaap	31.19	16.44	Manggarai	Paralel
9	DAS Wae Nggilat	53.22	17.52	Manggarai	Radial
10	DAS Wae Togong	224.19	44.21	Manggarai Timur	Memanjang
11	DAS Wae Wera	156.84	40.79	Manggarai Timur	Memanjang
12	DAS Wae Mbaling	190.87	37.23	Manggarai Timur	Memanjang
13	DAS Wae Laku	92.09	29.75	Manggarai Timur	Memanjang
14	DAS Wae Bobo	219.97	33.79	Manggarai Timur	Memanjang
15	DAS Wae Rana	50.47	17.93	Manggarai Timur	Radial
16	DAS Wae Mokel	702.86	60.09	Manggarai Timur	Kompleks
17	DAS Nanga Buntal	392.93	55.29	Ngada	Kompleks
18	DAS Wae Boa	42.65	23.88	Ngada	Paralel
19	DAS Wae Toring	119.17	19.46	Ngada	Radial
20	DAS Nangateke	54.35	14.23	Nagekeo	Memanjang
21	DAS Aesesa	1181.45	80.99	Nagekeo	Kompleks
22	DAS Nangapanda	113.33	24.51	Ende	Paralel
23	DAS Lowo Mbekajita	68.43	15.08	Ende	Paralel
24	DAS Nangaba	73.17	17.05	Ende	Radial
25	DAS Nangasambi	49.77	14.00	Ende	Memanjang
26	DAS Mautenda	406.99	45.75	Ende	Kompleks
27	DAS Lowo Bajo	46.10	13.03	Ende	Memanjang
28	DAS Wolowona	181.75	39.06	Ende	Memanjang
29	DAS Wolotopo	36.04	14.87	Ende	Memanjang

No	Nama DAS	Luas	Panjang	Kabupaten	Bentuk
		Km ²	Km		
30	DAS Ae Bai	34.48	16.43	Ende	Paralel
31	DAS Ae Bhara	120.07	22.80	Ende	Radial
32	DAS Lowo Ndondo	254.73	36.61	Ende	Memanjang
33	DAS Lowo Lande	65.84	21.64	Ende	Paralel
34	DAS Waiwajo	207.17	31.73	Sikka	Radial
35	DAS Mangepanda	87.75	20.12	Sikka	Paralel
36	DAS Napun Gete	236.85	31.37	Sikka	Paralel
37	DAS Wae Kumang	102.42	19.82	Flores Timur	Radial
38	DAS Konga	51.19	16.64	Flores Timur	Paralel

Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Perhitungan hidrograf satuan sintetik Nakayasu menggunakan persamaan-persamaan yang telah diuraikan dan menggunakan parameter fisik DAS berupa luas DAS, koefisien pengaliran, waktu dari titik berat hidrograf sampai mencapai puncak hidrograf, dan waktu penurunan debit sampai 30% debit puncak. Besar hujan satuan digunakan 1 mm dengan asumsi bahwa hujan yang terjadi merata pada daerah aliran sungai pada DAS di pulau Flores. Adapun nilai koefisien pengaliran untuk DAS di Pulau Flores memiliki nilai rata-rata sebesar 0,765. Hal ini menunjukkan bahwa daerah Flores memiliki permeabilitas tanah cenderung kedap air dan hujan yang turun melimpas sebesar 76,5%. Rekapitulasi hasil perhitungan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Debit Puncak Banjir HSS Nakayasu

No	Nama DAS	C	Luas DAS	R ₀	T _g	T _{0,3}	Q _p
			Km ²	mm	Jam	Jam	m ³ /dtk
1	DAS Golo Ketak	0.770	66.967	1	1.283	2.779	4.219
2	DAS Wae Dongkong	0.771	311.507	1	2.653	4.930	10.752
3	DAS Nanga Bereh	0.776	171.552	1	2.539	4.192	6.832
4	DAS Wae Terang	0.778	128.431	1	1.589	3.367	6.718
5	DAS Wae Jamal	0.784	839.070	1	3.355	6.758	21.848
6	DAS Wae Mese	0.779	248.533	1	2.884	4.774	8.729
7	DAS Wae Pesi	0.760	1034.190	1	3.941	7.450	23.359
8	DAS Wae Kaap	0.720	31.194	1	1.354	2.237	2.163
9	DAS Wae Nggilat	0.712	53.223	1	1.416	2.597	3.212
10	DAS Wae Togong	0.749	224.189	1	2.964	4.689	7.634
11	DAS Wae Wera	0.749	156.842	1	2.766	4.203	5.898
12	DAS Wae Mbaling	0.740	190.870	1	2.559	4.315	7.078
13	DAS Wae Laku	0.769	92.090	1	2.125	3.400	4.451
14	DAS Wae Bobo	0.777	219.973	1	2.360	4.364	8.636
15	DAS Wae Rana	0.771	50.466	1	1.440	2.578	3.307
16	DAS Wae Mokel	0.775	702.858	1	3.885	6.738	17.594
17	DAS Nanga Buntal	0.750	392.931	1	3.607	5.706	11.013
18	DAS Wae Boa	0.743	42.648	1	1.785	2.655	2.507
19	DAS Wae Toring	0.774	119.169	1	1.529	3.261	6.416
20	DAS Nangateke	0.776	54.347	1	1.347	2.478	3.751
21	DAS Aesesa	0.770	1181.451	1	5.098	8.266	23.603
22	DAS Nangapanda	0.771	113.329	1	1.822	3.412	5.659
23	DAS Lowo Mbekajita	0.772	68.430	1	1.275	2.664	4.482
24	DAS Nangaba	0.770	73.173	1	1.389	2.793	4.526
25	DAS Nangasambi	0.752	49.769	1	1.332	2.415	3.402
26	DAS Mautenda	0.770	406.990	1	3.053	5.490	12.513
27	DAS Lowo Bajo	0.769	46.103	1	1.267	2.327	3.357
28	DAS Wolowona	0.882	181.752	1	2.665	4.314	7.964
29	DAS Wolotopo	0.709	36.042	1	1.389	2.261	2.425
30	DAS Ae Bai	0.708	34.476	1	1.353	2.293	2.304
31	DAS Ae Bhara	0.755	120.067	1	1.722	3.400	5.960
32	DAS Lowo Ndondo	0.774	254.732	1	2.524	4.619	9.391
33	DAS Lowo Lande	0.771	65.836	1	1.655	2.888	3.828

No	Nama DAS	C	Luas DAS	R ₀	T _g	T _{0,3}	Q _p
			Km ²	mm	Jam	Jam	m ³ /dtk
34	DAS Waiwajo	0.760	207.173	1	2.240	4.232	8.244
35	DAS Mangepanda	0.772	87.747	1	1.567	3.047	4.954
36	DAS Napun Gete	0.782	236.845	1	2.220	4.364	9.481
37	DAS Wae Kumang	0.781	102.421	1	1.550	3.155	5.696
38	DAS Konga	0.777	51.186	1	1.365	2.539	3.457

Hidrograf Satuan Sintetik Gama I

Tabel 3. Hasil Perhitungan Debit Puncak Banjir HSS Gama I

No	Nama DAS	Luas DAS	Panjang Sungai	Jumlah Petemuan Sungai	Waktu Naik	Debit Puncak
		Km ²	Km	Buah	Jam	m ³ /dtk
1	DAS Golo Ketak	66.967	15.230	24	1.667	3.787
2	DAS Wae Dongkong	311.507	38.848	86	1.952	11.903
3	DAS Nanga Bereh	171.552	36.884	40	1.733	7.325
4	DAS Wae Terang	128.431	20.504	39	1.676	6.223
5	DAS Wae Jamal	839.070	50.945	151	1.890	24.707
6	DAS Wae Mese	248.533	42.833	31	1.841	8.370
7	DAS Wae Pesi	1034.190	61.058	214	2.384	27.663
8	DAS Wae Kaap	31.194	16.443	6	1.734	1.709
9	DAS Wae Nggilat	53.223	17.524	22	2.444	2.779
10	DAS Wae Togong	224.189	44.208	57	2.670	7.844
11	DAS Wae Wera	156.842	40.788	33	2.286	5.939
12	DAS Wae Mbaling	190.870	37.225	46	1.970	7.660
13	DAS Wae Laku	92.090	29.750	12	3.384	2.916
14	DAS Wae Bobo	219.973	33.788	56	1.611	9.458
15	DAS Wae Rana	50.466	17.926	24	1.768	3.131
16	DAS Wae Mokel	702.858	60.088	102	2.054	19.612
17	DAS Nanga Buntal	392.931	55.293	55	2.382	11.328
18	DAS Wae Boa	42.648	23.885	26	2.625	2.467
19	DAS Wae Toring	119.169	19.459	35	1.796	5.644
20	DAS Nangateke	54.347	14.228	7	1.592	2.544
21	DAS Aesesa	1181.451	80.992	106	2.471	24.950
22	DAS Nangapanda	113.329	24.515	29	1.672	5.393
23	DAS Lowo Mbekajita	68.430	15.083	18	1.891	3.404
24	DAS Nangaba	73.173	17.052	23	1.695	3.923
25	DAS Nangasambi	49.769	14.000	11	1.578	2.699
26	DAS Mautenda	406.990	45.745	86	2.000	13.797
27	DAS Lowo Bajo	46.103	13.034	31	1.897	3.067
28	DAS Wolowona	181.752	39.056	51	1.677	8.136
29	DAS Wolotopo	36.042	14.870	26	1.857	2.567
30	DAS Ae Bai	34.476	16.430	6	1.577	1.883
30	DAS Ae Bai	34.476	16.430	6	1.577	1.883
31	DAS Ae Bhara	120.067	22.796	34	2.021	5.370
32	DAS Lowo Nondo	254.732	36.613	67	2.249	9.415
33	DAS Lowo Lande	65.836	21.643	4	1.433	2.600
34	DAS Waiwajo	207.173	31.731	49	1.883	8.308
35	DAS Mangepanda	87.747	20.124	24	1.742	4.362
36	DAS Napun Gete	236.845	31.373	68	2.022	9.446
37	DAS Wae Kumang	102.421	19.821	28	1.670	5.041
38	DAS Konga	51.186	16.638	20	2.341	2.702

Perhitungan hidrograf satuan sintetik Gama I menggunakan persamaan-persamaan yang telah diuraikan dan menggunakan parameter fisik DAS berupa luas DAS, jumlah pertemuan sungai, dan waktu naik hidrograf. Karena tidak terdapat data tinggi muka air atau data AWRL (*Automatic Water Recorder Level*) maka besarnya nilai debit terukur di pulau Flores tidak diketahui untuk 38 DAS yang dianalisis. Sehingga melalui pendekatan secara empiris, digunakan

debit Gama I sebagai data debit terukur. Pemilihan metode HSS Gama I karena metode ini memiliki parameter fisik DAS paling banyak dibandingkan dengan HSS yang lain. Parameter yang banyak menghasilkan debit yang lebih mendekati kondisi asli di lapangan. Rekapitulasi hasil perhitungan disajikan pada Tabel 3.

Analisis Regresi Non Linear Parameter Alfa

Analisis regresi yang digunakan yaitu regresi non linear yang menampilkan bentuk hubungan atau fungsi dimana variabel dapat berfungsi sebagai faktor atau variabel dengan pangkat tertentu maupun sebagai fungsi eksponen. Nilai α (alfa), luas DAS, panjang sungai dan waktu dari titik berat hujan sampai debit puncak di masukkan ke dalam program IBM SPSS versi 23. Program SPSS merupakan salah satu program yang berfungsi untuk menganalisis data, melakukan perhitungan statistik baik untuk statistik parametrik maupun non parametrik dengan basis *windows*. SPSS *for windows* dilengkapi pula dengan menu pengelolaan dengan berbagai jenis grafik dengan tingkat resolusi yang tinggi. Data yang digunakan sebelum dianalisis dihitung tingkat normalitasnya. Hasil regresi non linear ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Iterasi IBM SPSS Versi 23

No	Iteration Number	Residual Sum of Squares	Parameter	
			A1	A2
1	1.0	242480449.253	1.000	1.000
2	1.1	33416015.730	1.052	0.673
3	2.0	33416015.730	1.052	0.673
4	2.1	4612207.629	1.119	0.318
5	3.0	4612207.629	1.119	0.318
6	3.1	636377.420	1.201	-0.062
7	4.0	636377.420	1.201	-0.062
8	4.1	87216.325	1.290	-0.457
9	5.0	87216.325	1.290	-0.457
10	5.1	11662.571	1.365	-0.827
11	6.0	11662.571	1.365	-0.827
12	6.1	1459.716	1.360	-1.061
13	7.0	1459.716	1.360	-1.061
14	7.1	161.488	1.138	-0.917
15	8.0	161.488	1.138	-0.917
16	8.1	20.647	0.753	-0.453
17	9.0	20.647	0.753	-0.453
18	9.1	5.320	0.102	0.509
19	10.0	5.320	0.102	0.509
20	10.1	5.017	0.035	0.599
21	11.0	5.017	0.035	0.599
22	11.1	5.017	0.036	0.597
23	12.0	5.017	0.036	0.597
24	12.1	5.017	0.036	0.597
25	13.0	5.017	0.036	0.597
26	13.1	5.017	0.036	0.597

Berdasarkan Tabel 4 di atas di peroleh hasil iterasi sebanyak 26 kali. Pada iterasi yang ke-20 nilai iterasi konstan sampai iterasi ke-26 dengan nilai parameter A1 sebesar 0,036 dan parameter A2 sebesar 0,597. Persamaan alfa baru berdasarkan hasil estimasi parameter di atas diperoleh sebagai berikut.

$$\alpha = 0,47.A^{0,036} \cdot L^{0,597} / Tg \quad (16)$$

Dimana :

α = Alfa

A = Luas DAS (Km²)

L = Panjang Sungai Induk (Km)

Tg= Waktu dari titik berat hujan sampai debit puncak (jam)

Koefisien Determinasi

Ketepatan fungsi regresi sampel dalam menaksir nilai aktual dapat diukur dari *Goodness of Fit*. Secara statistik dapat diukur dari nilai koefisien determinasi. Koefisien determinasi (R^2) pada intinya mengukur seberapa jauh kemampuan model dalam menerangkan variasi variabel *dependen*. Perhitungan koefisien determinasi untuk persamaan alfa baru dilakukan dengan program IBM SPSS v.23 dengan hasil keluaran seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Koefisien Determinasi Persamaan Alfa Baru

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0.989	0.979	0.977	0.020
a. Alfa baru: (Constant), Tg, Luas DAS, Panjang Sungai				
b. Dependent Variable: Alfa Baru				

Pengaruh Karakteristik DAS terhadap Nilai Alfa Baru

Parameter alfa merupakan nilai yang menunjukkan karakteristik DAS pada perhitungan hidrograf satuan sintetik Nakayasu. Berdasarkan hasil analisis regresi nilai alfa baru untuk pulau Flores, dilakukan analisa pengaruh karakteristik DAS terhadap nilai alfa baru. Hubungan pengaruh tersebut di sajikan pada Tabel 6,7,8, dan 9.

Tabel 6. Pengaruh Bentuk DAS Radial Terhadap Alfa Baru

No	Nama DAS	Luas Km ²	Panjang Km	Tg Jam	Alfa Awal	Alfa Baru	Bentuk DAS
1	DAS Golo Ketak	66.967	15.230	1.283	2.070	2.166	Radial
2	DAS Wae Terang	128.431	20.504	1.589	2.119	2.138	Radial
3	DAS Wae Nggilat	53.223	17.524	1.416	1.834	2.116	Radial
4	DAS Wae Rana	50.466	17.926	1.440	1.790	2.106	Radial
5	DAS Wae Toring	119.169	19.459	1.529	2.134	2.149	Radial
6	DAS Nangaba	73.173	17.052	1.389	2.011	2.147	Radial
7	DAS Ae Bhara	120.067	22.796	1.722	1.974	2.097	Radial
8	DAS Wae Kumang	102.421	19.821	1.550	2.036	2.131	Radial
Rata-Rata		89.240	18.789	1.490	1.996	2.131	

Tabel 7. Pengaruh Bentuk DAS Paralel Terhadap Alfa Baru

No	Nama DAS	Luas Km ²	Panjang Km	Tg Jam	Alfa Awal	Alfa Baru	Bentuk DAS
1	DAS Wae Kaap	31.194	16.443	1.354	1.652	2.091	Paralel
2	DAS Wae Boa	42.648	23.885	1.785	1.487	2.004	Paralel
3	DAS Nangapanda	113.329	24.515	1.822	1.873	2.066	Paralel
4	DAS Lowo Mbekajita	68.430	15.083	1.275	2.090	2.169	Paralel
5	DAS Ae Bai	34.476	16.430	1.353	1.695	2.098	Paralel
6	DAS Lowo Lande	65.836	21.643	1.655	1.744	2.070	Paralel
7	DAS Mangepanda	87.747	20.124	1.567	1.944	2.115	Paralel
8	DAS Waiwajo	207.173	31.731	2.240	1.889	2.002	Paralel
9	DAS Napun Gete	236.845	31.373	2.220	1.966	2.017	Paralel
10	DAS Konga	51.186	16.638	1.365	1.860	2.126	Paralel
Rata-Rata		93.887	21.787	1.664	1.820	2.076	

Tabel 8. Pengaruh Bentuk DAS Memanjang Terhadap Alfa Baru

No	Nama DAS	Luas Km ²	Panjang Km	Tg Jam	Alfa Awal	Alfa Baru	Bentuk DAS
1	DAS Wae Dongkong	311.507	38.848	2.653	1.858	1.936	Memanjang
2	DAS Nanga Bereh	171.552	36.884	2.539	1.651	1.920	Memanjang
3	DAS Wae Mese	248.533	42.833	2.884	1.655	1.873	Memanjang

No	Nama DAS	Luas	Panjang	Tg	Alfa	Alfa	Bentuk DAS
		Km ²	Km	Jam	Awal	Baru	
4	DAS Wae Togong	224.189	44.208	2.964	1.582	1.850	Memanjang
5	DAS Wae Wera	156.842	40.788	2.766	1.520	1.866	Memanjang
6	DAS Wae Mbaling	190.870	37.225	2.559	1.686	1.923	Memanjang
7	DAS Wae Laku	92.090	29.750	2.125	1.600	1.973	Memanjang
8	DAS Wae Bobo	219.973	33.788	2.360	1.849	1.978	Memanjang
9	DAS Nangateke	54.347	14.228	1.347	1.840	1.966	Memanjang
10	DAS Nangasambi	49.769	14.000	1.332	1.813	1.963	Memanjang
11	DAS Lowo Bajo	46.103	13.034	1.267	1.837	1.972	Memanjang
12	DAS Wolowona	181.752	39.056	2.665	1.619	1.896	Memanjang
13	DAS Wolotopo	36.042	14.870	1.389	1.628	1.928	Memanjang
14	DAS Lowo Nondo	254.732	36.613	2.524	1.830	1.951	Memanjang
Rata-Rata		159.879	31.152	2.241	1.712	1.928	

Tabel 9. Pengaruh Bentuk DAS Kompleks Terhadap Alfa Baru

No	Nama DAS	Luas	Panjang	Tg	Alfa	Alfa	Bentuk DAS
		Km ²	Km	Jam	Awal	Baru	
1	DAS Wae Jamal	839.070	50.945	3.355	2.014	1.866	Kompleks
2	DAS Wae Pesi	1034.190	61.058	3.941	1.890	1.783	Kompleks
3	DAS Wae Mokel	702.858	60.088	3.885	1.734	1.767	Kompleks
4	DAS Nanga Buntal	392.931	55.293	3.607	1.582	1.773	Kompleks
5	DAS Aesesa	1181.451	80.992	5.098	1.622	1.639	Kompleks
6	DAS Mautenda	406.990	45.745	3.053	1.798	1.873	Kompleks
Rata-Rata		759.582	59.020	3.823	1.773	1.783	

Berdasarkan ke-4 jenis bentuk DAS dan pengaruhnya terhadap nilai alfa terdapat kesamaan yaitu bentuk DAS radial dan bentuk DAS paralel memiliki kisaran nilai alfa 2,00 sampai 3,00. Sedangkan bentuk DAS memanjang dan bentuk DAS kompleks memiliki kisaran nilai alfa 1,50 sampai 2,00.

KESIMPULAN

1. Pengaruh Bentuk DAS di Pulau Flores menggunakan *Geographical Information System* (GIS) terhadap nilai alfa yang diperoleh sebagai berikut :
 - a. Bentuk DAS kompleks di pulau Flores sebanyak 6 buah. Pengaruh DAS kompleks terhadap nilai alfa yaitu menyebabkan waktu puncak banjir lebih lama dibandingkan dengan waktu selesainya, sehingga bagian naik hidrograf lambat dan bagian menurun cepat. Nilai alfa rata-rata DAS kompleks sebesar 1,783;
 - b. Bentuk DAS memanjang di pulau Flores sebanyak 14 buah. Pengaruh DAS memanjang terhadap nilai alfa yaitu menyebabkan waktu puncak banjir lebih lama dibandingkan dengan waktu selesainya, sehingga bagian naik hidrograf lambat dan bagian menurun cepat. Nilai alfa rata-rata DAS memanjang sebesar 1,928;
 - c. Bentuk DAS paralel di pulau Flores sebanyak 10 buah. Pengaruh DAS paralel terhadap nilai alfa yaitu menyebabkan waktu puncak banjir lebih cepat pada titik outlet yang berada di bawah pertemuan sungai dibandingkan dengan waktu selesainya, sehingga bagian naik hidrograf cepat dan bagian menurun lambat. Nilai alfa rata-rata DAS paralel sebesar 2,076;
 - d. Bentuk DAS radial di pulau Flores sebanyak 8 buah. Pengaruh DAS radial terhadap nilai alfa yaitu menyebabkan waktu puncak banjir lebih cepat dibandingkan dengan waktu selesainya, sehingga bagian naik hidrograf cepat dan bagian menurun lambat. Nilai alfa rata-rata DAS radial sebesar 2,131;

2. Persamaan nilai α (alfa) untuk daerah aliran sungai di Pulau Flores berdasarkan hasil regresi non linear menggunakan *software SPSS* versi 23 diperoleh persamaan $\alpha = 0,47.A^{0,036} . L^{0,597} / Tg$, dan
3. Besar nilai R^2 (Koefisien Determinasi) yang diperoleh sebesar 0,989, hal ini berarti variabel bebas luas DAS, panjang sungai, dan Tg mempengaruhi 98,9% persamaan alfa baru yang dihasilkan. Sedangkan sisanya ($100\% - 98,9\% = 1,1\%$) di pengaruhi parameter yang lain di luar model. Standar error hasil estimasi sebesar 2%.

SARAN

1. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan agar peneliti berikutnya menghitung debit observasi pembeding menggunakan program HEC-HMS yang dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Centre (HEC)* dari *US Army Corps of Engineers*, dan
2. Penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) sangat membantu untuk menganalisa data karakteristik DAS. Untuk mendapatkan data karakteristik yang lebih akurat, maka disarankan menggunakan data DEM (data topografi digital) dengan ketelitian pengambilan citra satelit sampai 1 meter.

DAFTAR PUSTAKA

- Adidarma, W. (2013). *Teknik Perhitungan Banjir Desain Untuk Bendungan Menggunakan Metode NRCS*. Balai Hidrologi dan Tata Air, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air. Bandung: Jurnal Teknik Hidraulik.
- Bangun, B. (2019). *Pengenalan HEC-GeoHMS (Hydrologic Engineering Center's-Geospasial Hydrologic Modeling System)*. Palembang: Bimbingan Teknis Balai Bendungan.
- Kamiana, I. M. (2012). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Krisnayanti, D. S. (2018). *Koefisien Limpasan Permukaan untuk Embung Kecil di Nusa Tenggara Timur*. Kupang: Lembaga Penelitian Universitas Nusa Cendana.
- Limantara, L. M. (2010). *Hidrologi Praktis*. Bandung: Lubuk Agung.
- Sekretariat Kabinet RI. (2012). *Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Penetapan Wilayah Sungai*. Jakarta: Deputi Bidang Perekonomian.
- Sinukaban, N. (2007). *Karakteristik Hidrologi dan Daur Limpasan Permukaan Daerah Aliran Sungai Ciliwung Konservasi Tanah dan Air Kunci Pembangunan Berkelanjutan*. Jakarta: Departemen Kehutanan.
- Sutapa, I. W. (2005). *Kajian Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Untuk perhitungan Debit Banjir Rancangan di Daerah Aliran Sungai Kodina*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Teriyoko, W. (2014). *Identifikasi Wilayah Banjir Genangan Menggunakan Teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG)*, 1-15.