

KARAKTERISTIK DAS DAN PREDIKSI DEBITNYA MENGGUNAKAN HIDROGRAF SATUAN SINTETIK GAMA 1 DI DAS Klawoguk, Kota Sorong

*(Watershed Characteristic and Discharge Prediction Using Gama 1 Synthetic Unit
Hydrograph in Klawoguk Watershed, Sorong City)*

Anif Farida^{1*}, Achmad Rusdi²

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sorong

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sorong

*Email: aniffarida@um-sorong.ac.id

Diterima: 16 Februari 2024, Direvisi : 3 Maret 2025, Disetujui : 14 Mei 2025

ABSTRACT

A unit hydrograph is a direct flow hydrograph obtained from effective rainfall that occurs at a fixed intensity per unit time, is evenly distributed throughout the watershed, and is applied to river basins without automatic water level recorder. The Klawoguk River Basin in Sorong City does not have an automatic water level recorder device (AWLR), with the problem of flooding when it rains with a quite high intensity. The research aims to understand the characteristics of the Klawoguk watershed and estimate the amount of discharge using the HSS Gama 1 method. The study uses ArcGIS 10.8 to calculate the watershed's characteristics and applies the HSS Gama 1 method to analyse discharge. The research results show that Sub-watershed 1 has the largest area (9,74 km²), which means it can store large amounts of rainwater. The longest main river is Sub-watershed 5 (8.22 km), and the shortest is Sub-watershed 4 (4.95 km). This indicates that Sub-watershed 5 has a longer concentration time, so the risk of flooding is also low. The slope of the main river in the Klawoguk watershed is quite low (0.002-0.023), which indicates potential flooding. The watershed's shape ranges from 0.028 to 0.041, indicating it is not round. HSS Gama 1 analysis shows that the highest peak discharge (Q_p) in Sub-watershed 1 at 1.427 m³/sec and the lowest in Sub-watershed 5 at 0.488 m³/sec. The result of this study is expected to provide an overview of discharge conditions based on the physical characteristics of the watershed.

Keywords: *discharge, watershed, unit hydrograph, Gama 1, Klawoguk*

ABSTRAK

Hidrograf satuan adalah hidrograf aliran langsung yang diperoleh dari hujan efektif yang berlangsung dalam intensitas tetap per satuan waktu serta tersebar merata di seluruh bagian DAS dan diterapkan pada daerah aliran sungai yang tidak memiliki alat pencatat tinggi muka

air (AWLR). Daerah Aliran Sungai Klawoguk di Kota Sorong tidak mempunyai alat pengukur tinggi muka air secara otomatis (AWLR) dengan permasalahan terjadinya banjir apabila hujan turun dengan intensitas cukup tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui karakteristik DAS Klawoguk sebagai masukan HSS Gama 1 dan mengestimasi besarnya debit menggunakan metode HSS Gama 1. Karakteristik DAS dihitung dengan menggunakan *software* ArcGIS 10.8, sedangkan analisis debit menggunakan metode HSS Gama 1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sub DAS 1 wilayahnya mempunyai luasan sebesar 9,74² km yang berarti mampu menampung air hujan dalam jumlah yang banyak. Sungai utama terpanjang adalah di Sub DAS 5 (8,22 km) dan paling pendek yakni di Sub DAS 4 (4,95 km). Hal ini menandakan bahwa Sub DAS 5 mempunyai waktu konsentrasi yang lebih lama sehingga resiko banjirnya juga rendah. Kemiringan sungai utama di DAS Klawoguk cukup rendah (0,002-0,023) yang mengindikasikan terjadinya penumpukan air dan berpotensi terjadinya banjir. Nilai dari bentuk DAS Klawoguk berkisar 0,028-0,041 yang berarti semua Sub DAS tidak berbentuk bulat. Analisis HSS Gama 1 menunjukkan bahwa debit puncak (Qp) yang tertinggi pada Sub DAS 1 sebesar 1,427 m³/detik dan terendah di Sub DAS 5 sebesar 0,488 m³/detik. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran kondisi debit di lapangan berdasarkan karakteristik fisik DAS.

Kata kunci: debit; daerah aliran sungai; hidrograf satuan; HSS Gama 1; Klawoguk

I. PENDAHULUAN

Debit aliran ialah kecepatan mengalirnya air melewati penampang sungai menurut interval waktu tertentu (Fatihawati, Widyawati, & Septiana, 2023). Debit merupakan jumlah air yang mengalir sebagai *output* dari daerah aliran sungai (DAS). Debit ini sangat dipengaruhi oleh kondisi hidrologi di mana pada musim kemarau debit aliran cenderung kecil sebaliknya saat musim hujan semakin meningkat akibat adanya hujan (Setiawan & Purwanto, 2018). Debit juga memainkan peranan yang penting pada dinamika muara, mempengaruhi pasang surut dan permukaan air. Pemahaman yang terkait interaksi tersebut sangat penting bagi pengelolaan air yang efektif di muara (Cai *et al.*, 2023). Debit sungai ini sangat penting untuk diketahui dalam perkiraan banjir terutama di DAS yang terdiri atas

sistem yang kompleks. Metode yang dapat diterapkan untuk memperkirakan dan mengkaji besarnya debit sungai yakni hidrograf satuan (Gustama, Sabri & Manalu, 2018).

Hidrograf satuan merupakan hidrograf yang menggambarkan respon suatu daerah aliran sungai terhadap satu satuan curah hujan efektif yang penting untuk perkiraan banjir dan analisis aliran sungai (Harini, Barik, Sameera, Prayutsha, Sameera, Varsha & Shruthi, 2023). Sementara itu, hujan efektif adalah bagian dari curah hujan yang berkontribusi terhadap limpasan permukaan setelah dikurangi kehilangan akibat infiltrasi, intersepsi dan evaporasi (penguapan) (Deulkar, Londhe, Jain & Dixit, 2023). Hidrograf satuan mengkuantifikasi aliran langsung dihasilkan dari curah hujan 1 inchi atau 1 cm yang seragam di seluruh daerah aliran

(Stoica, Zaborilă, Telișcă, & Handley, 2022). Konsep dari hidrograf satuan pertama kali dikemukakan tahun Sherman (1935). Sungai yang mempunyai alat pengukur debit, hidrograf satuan dapat diperoleh dari data tinggi muka air otomatis (AWLR) dan disebut dengan hidrograf satuan terukur (Saidah, Setiawan, Hanifa, Suroso & Supriyadi, 2020). Apabila DAS tidak memiliki alat pencatat tinggi muka air (AWLR) maka dilakukan pendekatan menggunakan hidrograf satuan sintetik (Ariyani & Riadhi, 2016). Hidrograf satuan sintetik (HSS) adalah hidrograf satuan yang dijabarkan dari data sungai pada *catchment area* yang sama atau berbeda namun mempunyai ciri-ciri yang serupa. Selain itu, hidrograf satuan sintetik ini bisa dipergunakan apabila rangkaian data debit maupun data hujan tidak tersedia dan memadai sehingga perlu dilakukan penurunan hidrograf satuan pada DAS secara sintetik (Kamiana, 2011).

Hidrograf satuan sintetik (HSS) terdiri atas tiga jenis. Hidrograf satuan sintetik yang menghubungkan antara karakteristik DAS dengan *hidrograf*, misalnya HSS Snyder dan HSS Gray. Selanjutnya, hidrograf satuan sintetik yang dibuat menurut hidrograf satuan tidak berdimensi misalnya HSS SCS. Terakhir, hidrograf satuan sintetik yang bersumber dari cadangan (*storage*) yang ada di DAS misalnya HSS Clark (Suripin, 2004). Di Indonesia, HSS yang sering digunakan untuk analisis kondisi hidrologi di antaranya metode Limantara, Nakayasu, Gama 1, Snyder-SCS, Gama 2, ITB-1, Snyder-Alexeyev, ITB-2, dan sebagainya (Saidah et al., 2022). HSS Gama 1 dihasilkan berdasarkan penelitian yang dilakukan

pada tahun 1980 sebanyak 30 DAS di Pulau Jawa (Amiruddin, Saparuddin & Anasiru, 2020), sedangkan HSS Limantara dihasilkan dan dikembangkan berdasar penelitian data banjir yang diperoleh dari berbagai DAS yang ada di Indonesia (Limantara, 2012).

Daerah Aliran Sungai Klawoguk di Kota Sorong mempunyai keterbatasan data hidrologi. DAS ini tidak mempunyai alat pengukur tinggi *muka* air secara otomatis (AWLR) sehingga agak sulit melakukan pengelolaan sumberdaya air secara optimal (Simak, Farida & Rusdi, 2023). DAS Klawoguk juga mempunyai permasalahan apabila hujan turun cukup deras, maka akan mengalami perluapan (banjir genangan) (Farida & Irnawati, 2020). Peristiwa banjir berkaitan erat dengan siklus air dan morfometri DAS seperti bentuk DAS, luas daerah pengaliran, kondisi topografi dan penggunaan lahan (Harifa, Sholichin & Prayogo, 2017). Perolehan data banjir dapat menggunakan pendekatan yang memungkinkan variabilitas hidrograf satuan sintetik (Brunner, Seibert & Favre, 2018). Estimasi besarnya banjir ini sangat diperlukan baik di DAS yang terukur maupun tidak terukur untuk desain hidrolik dan penilaian resiko (Brunner, Furrer, Sikorsa, Viviroli, Seibert & Favre, 2018). Bahkan metode hidrograf satuan ini digunakan untuk menghitung desain hidrograf banjir dan bisa berupa hidrograf satuan sintetik khususnya pada DAS yang tidak terukur (Acanal, 2021). Penggunaan hidrograf satuan sintetik dalam memprediksi debit banjir dapat menjadi salah upaya untuk mengurangi resiko terjadinya kerusakan maupun untuk mitigasi bencana.

Memahami pola aliran air di DAS yang tidak terukur sangat penting untuk pengeloaan sumberdaya air. Prediksi debit juga sangat membantu perencanaan penggunaan air untuk kebutuhan irigasi, suplai air domestik dan kebutuhan untuk industri. Selain itu informasi debit sungai penting untuk merancang infrastruktur seperti jembatan, bendungan maupun saluran drainase. Berdasarkan latar belakang maka dilakukan penelitian hidrograf satuan sintetik (HSS) dalam memperkirakan debit sungai. Tujuan penelitian yaitu mengetahui karakteristik DAS Klawoguk sebagai masukan HSS Gama 1 dan mengestimasi besarnya debit menggunakan HSS Gama 1.

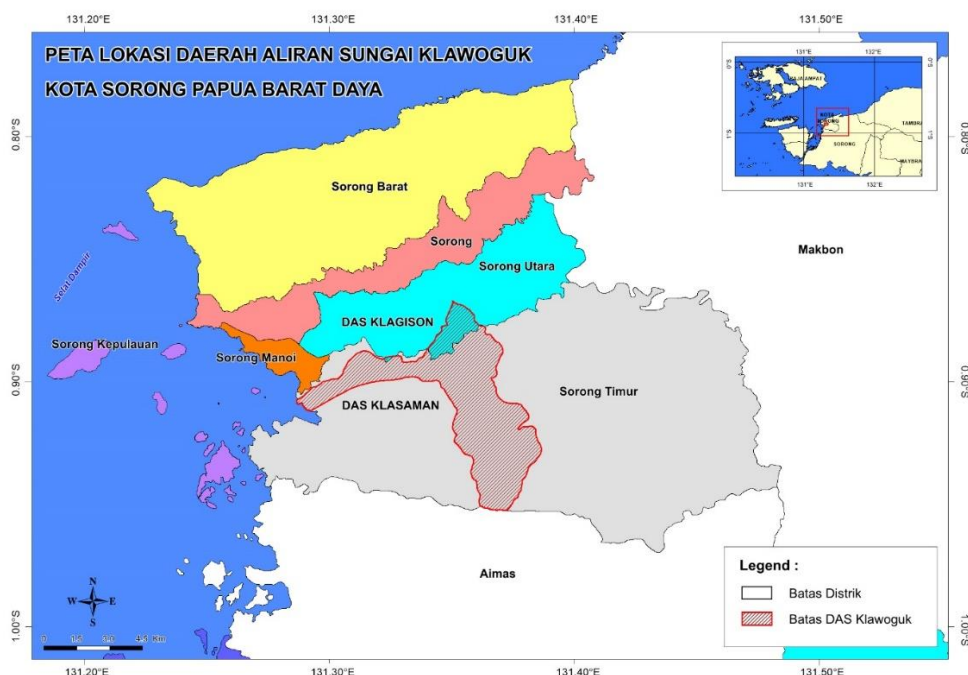
II. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan selama bulan Agustus-September tahun 2023. Lokasi penelitian berada di DAS Klawoguk pada koordinat

0,86706396°LS – 0,95255829° LS dan 131,2866554° BT – 131,3865770° BT (Gambar 1). DAS ini merupakan salah DAS di Kota Sorong, Provinsi Papua Barat Daya yang mempunyai luas sebesar 29,97 km². Wilayah DAS Klawoguk membentang dari hulu sampai hilir meliputi Distrik Sorong Timur hingga Distrik Sorong Utara.

Jenis tanah di daerah penelitian bersumber dari Peta Tanah Skala 1: 50.000 yakni *Aquic Dystrudepts*, *Typic Dystrudepts*, *Typic Eutrudepts*, *Typic Hapludults* dan *Typic Sulfaquepts*. Kemiringan lerengnya terdiri dari curam (25-45%), agak curam (15-25%), datar (0-8%) dan landai (8-15%). Curah hujan di daerah penelitian berdasarkan data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Kota Sorong yakni sebesar 144,5 mm di bulan Agustus 2023 sedangkan pada bulan September sebesar 164 mm.



Gambar (Figure) 1. Peta Daerah Aliran Sungai Klawoguk (*The Map of Klawoguk Watershed*)
Sumber (Source): Peta RBI Skala 1 : 50.000 (*Indonesian Topographical Maps Scale 1 : 50.000*)

B. Bahan dan Alat

Bahan yang dipergunakan pada saat penelitian yaitu :

1. Citra Satelit Landsat Sebagian Kota Sorong Tahun 2023, untuk memperoleh informasi terkait kondisi daerah penelitian;
2. Peta RBI Digital Kota Sorong Skala 1 : 50.000, untuk pembuatan peta dasar;
3. Peta Jenis Tanah Kota Sorong Skala 1 : 50.000, untuk mengetahui kondisi tanah daerah penelitian.

Alat yang dipergunakan pada saat penelitian yakni :

1. Kamera, untuk mendokumentasikan kondisi daerah penelitian;
2. *Global Positioning System* (GPS), untuk mengetahui koordinat di lapangan;
3. *Software Microsoft Office* Tahun 2021 untuk menginput data di *Microsoft Word* dan mengolah data penelitian di *Microsoft Excel*;
4. *Software ArcGIS 10.8* untuk mengolah peta karakteristik DAS

C. Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian dibagi dalam tiga tahap. Langkah pertama yaitu studi pustaka dan telaah penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan tema penelitian, pengumpulan peta RBI digital, citra satelit yang terbaru, penyusunan peta dasar dan *groundcheck* awal. Langkah selanjutnya yaitu pengecekan data di lapangan (jaringan sungai, kemiringan sungai). Terakhir yaitu analisis data

(karakteristik/morfometri DAS, debit HSS Gama 1). Gambar 2 menyajikan diagram alir penelitian.

1. Karakteristik Morfometri Daerah Aliran Sungai

a. Luas DAS

Luas daerah aliran sungai dihitung dengan *tools* yang ada di *ArcGIS 10.8.*, dengan terlebih dahulu menentukan *outlet* sungai untuk kemudian dibuat batas DASnya.

b. Panjang Sungai Utama

Panjang sungai utama ditentukan dari luaran (*outlet*) sungai hingga bagian ujung terluar dari hulu DAS.

c. Kemiringan Sungai Utama

Kemiringan sungai utama dihitung dengan rumus 1 (Seyhan, 1977) :

$$S = \frac{H}{L} \quad (1)$$

Keterangan :

S : rasio dari perbedaan ketinggian lokasi terjauh dengan lokasi pemantauan terhadap jarak.

L : panjang jarak dari lokasi terjauh di DAS hingga lokasi pemantauan banjir, dihitung berdasarkan alur sungai (meter).

H : perbedaan elevasi antara lokasi terjauh dengan lokasi pemantauan (meter).

d. Bentuk DAS (*Form Factor*)

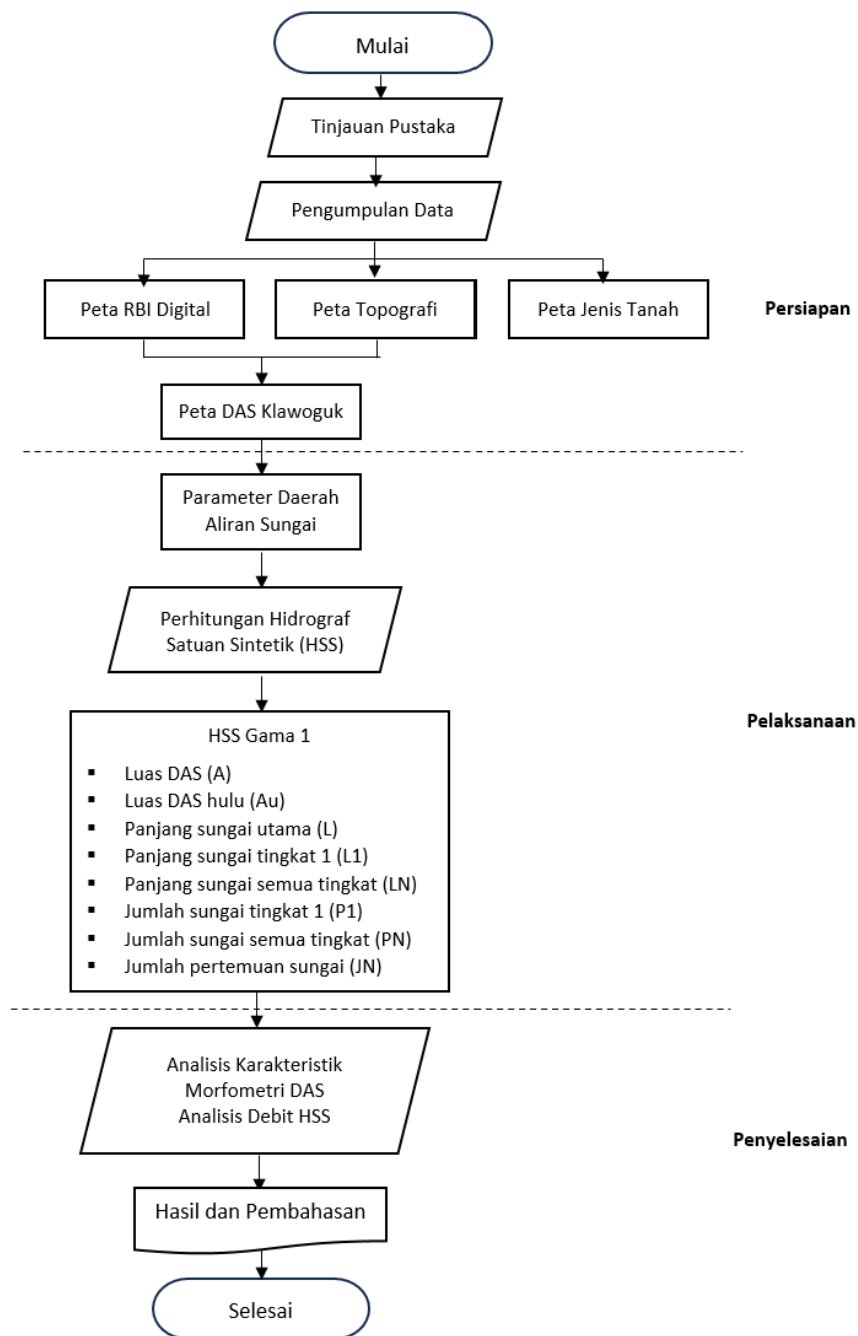
$$Rf = \frac{A}{(Lb)^2} \quad (2)$$

Keterangan :

Lb : keliling daerah aliran (km)

A : luas daerah aliran (km²)

Rf : *Form Factor* (Horton, 1932)



Gambar (Figure) 2. Diagram Alir Penelitian (Flow Chart of the Research)

2. Hidrograf Satuan Sintetik Gama 1

Rumus yang digunakan untuk mendapatkan parameter HSS Gama 1 (Natakusumah, 2011):

a. Waktu dasar (T_b) dalam satuan jam

$$T_b = 27,4132 \times Tr^{0,1457} \times S^{-0,0986} \times SN^{0,7344} \times RUA^{0,2574} \quad (3)$$

b. Waktu puncak (Tr) dalam satuan jam

$$Tr = 0,43 \times \left[\frac{L}{100 \times SF} \right]^3 + 1,0665 \times SIM + 1,2775 \quad (4)$$

c. Debit Puncak/ *Peak Discharge* (Q_p) dalam satuan $m^3/detik$

$$Q_p = 0,1836 \times A^{0,5886} \times Tr^{-0,4008} \times JN^{0,2381} \quad (5)$$

d. Bentuk Hidrograf Satuan

✓ Kurva naik ($0 \leq T \leq T_p$)

$$Q_t = Q_p \times T \quad (6)$$

✓ Kurva turun ($T_p \leq T \leq T_b$)

$$Q_t = Q_p \times e^{(t/K)} \quad (7)$$

K = koefisien tampungan (jam), untuk menetapkan kurva resesi hidrograf satuan :

$$K = 0,561 \times A^{0,1793} \times S^{-0,1146} \times SF^{-1,0897} \times D^{0,0452} \quad (8)$$

Keterangan :

S : kemiringan sungai

RUA : A_u/A (*relative upstream area*) yakni rasio luas DAS bagian hulu dengan luas DAS keseluruhan

D : kerapatan jaringan sungai yaitu jumlah panjang semua sungai dibagi luas total DAS (km/km^2)

JN : jumlah pertemuan sungai (*junction*) $JN = (\Sigma \text{ sungai orde } 1) - 1$

SF : Σ panjang sungai orde 1/ Σ panjang semua sungai

L : panjang sungai utama (km)

A : luas DAS (km^2)

WF : faktor lebar DAS (*width*)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Morfometri Daerah Aliran Sungai

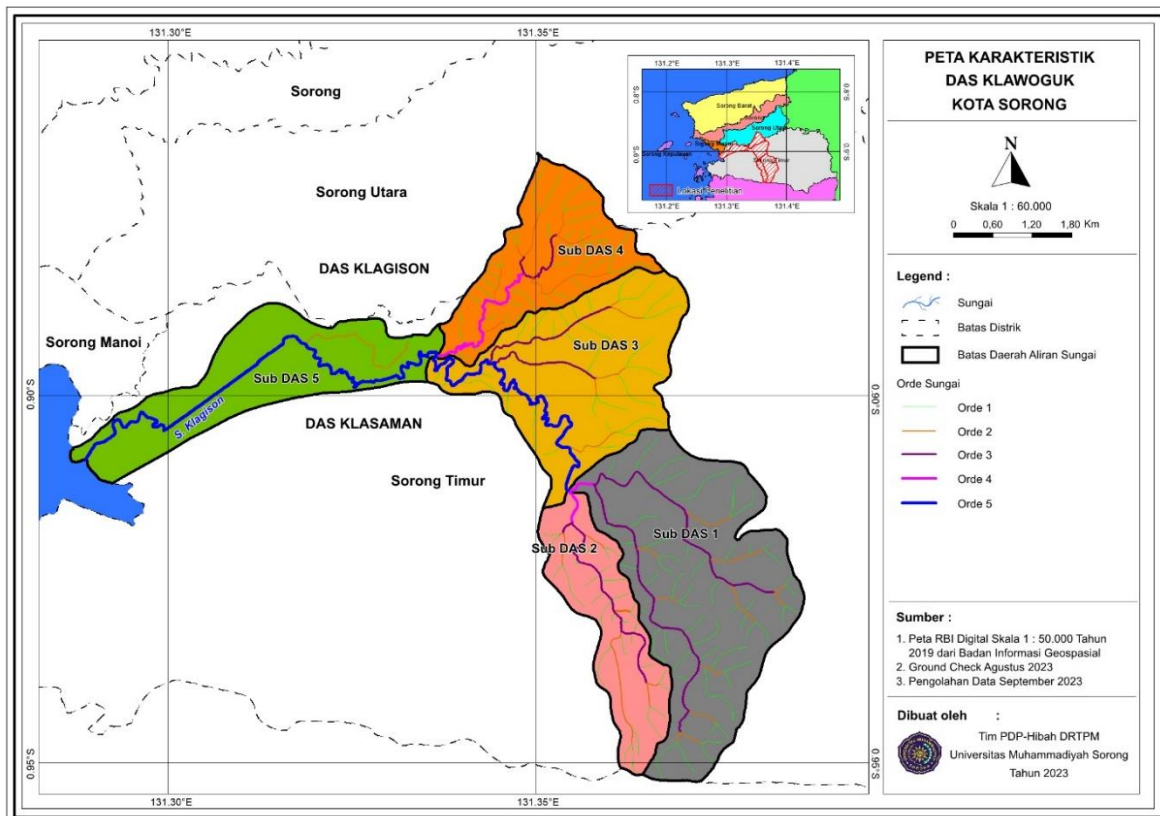
DAS Klawoguk mempunyai luas total sebesar $29,97 \text{ km}^2$ dan terdiri atas sistem sungai yang mengalir dari hulu sampai hilir. Pada penelitian ini DAS dibagi ke dalam lima Sub DAS

berdasarkan pada tingkatan orde sungainya seperti yang disajikan pada Gambar 3. Masing-masing Sub DAS juga dilakukan perhitungan luas, kemiringan sungai utama, panjang sungai utama dan faktor bentuk (R_f). Hasil perhitungan terhadap masing-masing karakteristik Sub DAS tersebut tertera pada Tabel 1.

Tabel (Table) 1. Perhitungan Karakteristik DAS Klawoguk (*The Characteristic of Klawoguk Watershed*)

No.	Nama (Name)	Luas (Area) (km^2)	Panjang Sungai Utama (Length of Main river) (km)	Kemiringan Sungai Utama (main river slope)	Bentuk DAS (form factor)
1.	Sub DAS 1	9,74	6,12	0,020	0,038
2.	Sub DAS 2	3,67	5,05	0,020	0,032
3.	Sub DAS 3	6,87	6,31	0,022	0,041
4.	Sub DAS 4	4,25	4,95	0,023	0,037
5.	Sub DAS 5	5,43	8,22	0,002	0,028

Sumber (Source): Hasil olahan data tahun 2023 (*Data processed on 2023*)



Gambar (Figure) 3. Peta Sub Daerah Aliran Sungai Klawoguk (*Map of the Klawoguk Sub-Watershed*)
Sumber (Source): Pengolahan data menggunakan ArcGIS 10.8 tahun 2023 (*Data processing using ArcGIS 10.8 in 2023*)

a. Luas DAS

Hasil perhitungan terhadap luas masing-masing Sub DAS menunjukkan bahwa Sub DAS 1 memiliki wilayah yang paling luas sebesar 9,74 km² sedangkan Sub DAS terkecil yaitu Sub DAS 2 sebesar 3,67 km². Dengan demikian Sub DAS 1 mampu menampung air hujan dalam jumlah yang paling besar sehingga dapat diasumsikan debit airnya juga tinggi. Yani & Suhartanto (2019) menyatakan suatu daerah aliran sungai jika mempunyai wilayah yang luas, akan mengakibatkan persebaran hujan tidak merata ke semua wilayah. Namun, jika hujan terdistribusi merata dalam DAS tersebut, semakin besar ukuran DAS maka aliran permukaan akan cepat menuju *outlet* dan mengakibatkan tingginya debit puncak banjir.

b. Panjang Sungai Utama

Panjang sungai utama ditentukan dari luaran (*outlet*) sungai hingga bagian terluar dari hulu DAS. Hasil analisis memperlihatkan bahwa sungai utama di DAS Klawoguk yang paling panjang adalah di Sub DAS 5 (8,22 km) dan paling pendek yakni Sub DAS 4 (4,95 km). Berdasarkan sungai utamanya, maka waktu konsentrasi di Sub DAS 5 lebih lama dibandingkan dengan Sub DAS yang lain.

c. Kemiringan Sungai Utama

Dari hasil perhitungan, kemiringan sungai utama di DAS Klawoguk mempunyai nilai yang hampir sama kecuali di Sub DAS 5 sebesar 0,002. Hal ini terlihat pada saat pengecekan di lapangan dimana aliran airnya tidak

terlalu deras. Bahkan di sepanjang sungai yang menuju ke hilir kondisi airnya relatif tenang. Kemiringan sungai juga menunjukkan berapa lama waktu yang dibutuhkan arus (aliran) untuk mencapai hilir. Kemiringan yang rendah juga menyebabkan penumpukan air yang mengakibatkan banjir di daerah tersebut.

d. Bentuk DAS (R_f)

Bentuk DAS (R_f) adalah variabel yang dipakai untuk memperkirakan besarnya aliran yang terjadi pada wilayah sungai. Nilai faktor bentuk yang tinggi mengindikasikan bahwa daerah aliran sungai memiliki bentuk melingkar. Hasil perhitungan faktor bentuk di DAS Klawoguk berkisar antara 0,028-0,041. Berdasarkan nilai-nilai tersebut, diketahui bahwa DAS Klawogouk tidak berbentuk bulat. Apabila melihat Gambar 3, maka bentuk masing-masing Sub DAS cenderung memanjang hampir seperti kipas dan bulu burung. Daerah aliran sungai yang dimaksud memiliki ciri debit banjir yang relatif rendah akibat waktu terjadinya banjir sungainya tidak bersamaan. Selain itu durasi terjadinya banjir juga lama dikarenakan air memerlukan waktu yang cukup lama untuk mencapai *outlet* (Hambali, 2017). Lebih lanjut Andini (2019) menyebutkan bahwa DAS dengan bentuk yang memanjang kemudian menyempit akan menghasilkan kecepatan *runoff* yang kecil.

B. Analisis Debit

Debit aliran pada penelitian ini dihitung dengan menggunakan pendekatan Hidrograf Satuan Sintetik Gama 1. Dasar perhitungannya berdasarkan pada parameter-parameter fisik DAS yang menentukan pengalihragaman dari curah hujan menjadi aliran seperti yang tertera pada Tabel 2. Berdasarkan tabel tersebut, masing-masing Sub DAS mempunyai parameter yang berbeda yaitu luas, panjang sungai utama dan kemiringan sungai utama yang sudah dibahas pada sub bab sebelumnya.

Orde sungai di DAS Klawoguk bervariasi baik dari segi jumlah maupun panjangnya. Jumlah orde sungai yang paling banyak di Sub DAS 1 sedangkan paling sedikit di Sub DAS 5. Demikian pula dengan jumlah panjang sungai, di Sub DAS 1 lebih besar dibandingkan Sub DAS lainnya. Hal ini menjadi indikasi bahwa potensi debit yang ada di Sub DAS 1 lebih besar dibandingkan dengan Sub DAS lainnya akibat semakin besarnya kapasitas DAS dalam menyalurkan air hujan ke sungai utama. Banyaknya orde sungai di Sub DAS 1 juga mengakibatkan distribusi aliran yang lebih merata. Kondisi tersebut akan mengurangi kemungkinan terjadinya aliran puncak yang ekstrem di satu titik karena aliran tersebar di berbagai anak sungai.

Tabel (Table) 2. Parameter Fisik DAS Klawoguk (*Physical Parameters of the Klawoguk Watershed*)

No.	Parameter DAS (<i>watershed parameter</i>)	Satuan (<i>unit</i>)	Sub DAS 1	Sub DAS 2	Sub DAS 3	Sub DAS 4	Sub DAS 5
1	Panjang sungai utama (L)	Km	6,117	5,049	6,310	4,953	8,225
2	Jumlah panjang sungai orde 1 (L1)	Km	20,819	8,597	12,880	13,063	0,970
3	Jumlah panjang semua sungai (Li)	Km	35,069	16,223	25,537	21,564	11,485
4	Jumlah sungai orde1 (ST1)		52	30	29	36	5
5	Jumlah semua orde sungai (STi)		103	59	59	71	11
6	Kemiringan sungai utama (S)		0,020	0,020	0,022	0,023	0,002
7	WU	Km	1,606	0,960	3,190	1,670	1,065
8	WL	Km	1,788	1,127	0,719	0,817	0,877
9	Luas DAS bagian hulu (Au)	km ²	4,868	1,799	4,205	2,311	2,991
10	Luas DAS (A)	km ²	9,742	3,668	6,870	4,253	5,433
11	Faktor sumber (SF)		0,594	0,530	0,504	0,606	0,084
12	Frekuensi sumber (SN)		0,505	0,508	0,492	0,507	0,455
13	Faktor lebar DAS (WF)		0,898	0,852	4,437	2,045	1,215
14	Jumlah pertemuan sungai (JN)		51	29	28	35	4
15	Faktor simetri (SIM)		0,449	0,418	2,715	1,111	0,669
16	Kerapatan jaringan sungai (D)	km/km ²	3,600	4,423	3,717	5,071	2,114
17	Faktor luas DAS (RUA)		0,500	0,490	0,612	0,543	0,551

Sumber (Source): Hasil olahan data tahun 2023 (*Data processed on 2023*)

Arsyad, Putranto, Aeni Isnan & Hasnawain (2019) menyebutkan bahwa orde sungai adalah letak percabangan alur suatu sungai menurut urutannya dalam jaringan sungai utama. Semakin banyak dan bervariasi jumlah orde sungai maka akan semakin panjang pula alur sungainya. Dengan demikian DAS juga akan semakin luas mengingat banyaknya tingkat percabangan.

Kerapatan jaringan sungai ialah perbandingan antara jumlah total seluruh sungai dibagi dengan luas total DAS.

Apabila kerapatan jaringan tinggi, maka DAS terbagi-bagi sehingga air hujan menjadi lebih cepat masuk. Selain itu terjadi pada daerah yang mudah tererosi dan kedap terhadap air, lerengnya curam dan sedikit ditemui vegetasi. Kerapatan jaringan rendah mengindikasikan DAS akan sulit mengalami pengatusan (dikeringkan) dan banyak ditemui pada daerah yang tahan terhadap proses erosi (Imaniar, 2021). Lima Sub DAS yang ada di DAS Klawoguk mempunyai nilai kerapatan jaringan 2-5km/km² dan masuk dalam

kategori sedang (0,25-10 km/km²) menurut Miardini & Nugraha (2020).

Faktor simetri (SIM) merupakan hasil perkalian antara faktor lebar (WF) dengan faktor luas DAS di bagian hulu (RUA). Nilai dari SIM di DAS Klawoguk cukup bervariasi di mana untuk Sub DAS 2 dan Sub DAS 1 mempunyai nilai < 0,5 sedangkan Sub DAS 5, Sub DAS 3 dan Sub DAS 4 nilainya > 0,5. Menurut Imaniar (2021), nilai SIM < 0,5 berarti bentuk DAS kecil di daerah hulu dan melebar di daerah hilir sedangkan SIM > 0,5 berarti di bagian hulu bentuknya lebar dan menyempit di hilir. Hal ini sesuai dengan kondisi di DAS Klawoguk seperti yang ada pada Gambar 3.

Bentuk DAS baik yang melebar baik di bagian hulu maupun hilir akan memberikan respon yang berbeda terhadap hujan yang jatuh. Dalam hal ini maka berpengaruh terhadap debit aliran yang dihasilkan. DAS yang melebar, debit yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan DAS berbentuk memanjang.

Parameter DAS yang ada dalam Tabel 2 kemudian digunakan untuk membuat kurva hidrograf satuan sintetik. Di dalam kurva HSS Gama 1 ini ada empat variabel utama yaitu debit puncak (Qp), waktu

dasar (Tb), waktu naik (Tr), serta koefisien tampungan (K) yang menentukan sisi resesi. Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan untuk keempat variabel tersebut.

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa waktu naik (Tr) untuk kelima Sub DAS mempunyai nilai yang cukup bervariasi. Besarnya waktu naik yang serupa antara Sub DAS 1 dengan Sub DAS 2 kemudian Sub DAS 4 dengan Sub DAS 5 menunjukkan faktor panjang sungai utama yang sama pula. Dengan demikian waktu yang diperlukan untuk mencapai *outlet* juga serupa walaupun luas dari Sub DAS nya berbeda. Sub DAS 3 mempunyai waktu naik yang paling lama dibandingkan dengan keempat Sub DAS lainnya dikarenakan faktor lebar DAS (WF) paling besar demikian juga dengan faktor luas DAS (RUA).

Buana, Limantara, Juwono & Sholichin (2022) menjelaskan bahwa panjang sungai utama dan sungai dari *outlet* sampai titik berat DAS (Lc) berkorelasi positif dengan waktu naik. Sungai yang lebih panjang memungkinkan waktu yang lebih lama bagi air untuk mengalir, sehingga meningkatkan waktu naik.

Tabel (Table) 3. Variabel Pembentuk Hidrograf Satuan Sintetik Gama 1 (*Physical Parameters of the Klawoguk Watershed*)

No.	Nama DAS (<i>watershed name</i>)	Tr (jam)	Tb (jam)	K (jam)	Qp (m ³ /detik)
1	Sub DAS 1	1,76	22,11	2,78	1,427
2	Sub DAS 2	1,72	22,13	2,67	0,707
3	Sub DAS 3	4,17	25,75	3,09	0,712
4	Sub DAS 4	2,46	23,56	2,34	0,699
5	Sub DAS 5	2,39	28,36	29,74	0,488

Sumber (Source): Hasil olahan data tahun 2023 (*Data processed on 2023*)

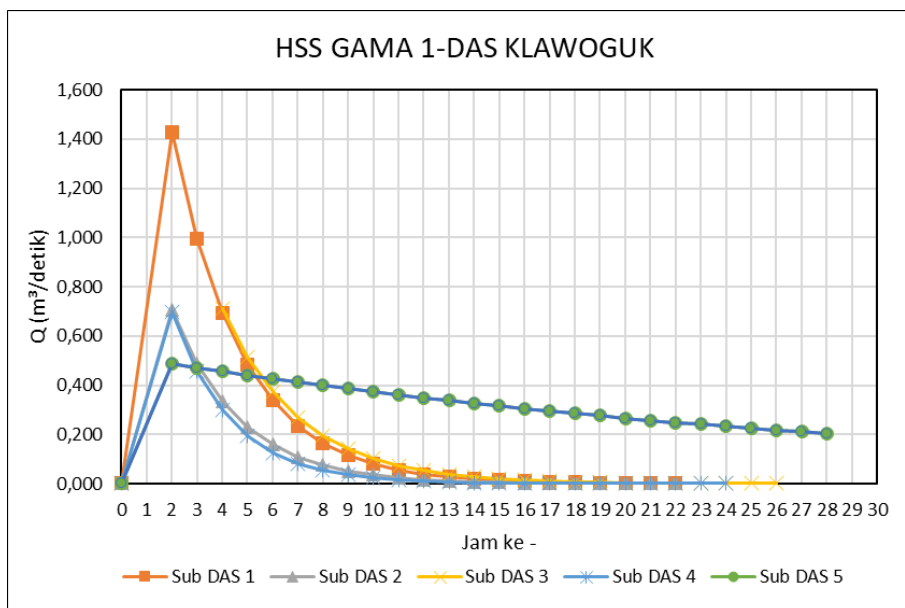
Setiyawan, Vera, Rehana & Wise Sri (2022) menyatakan karakteristik fisik DAS, seperti elevasi dan kemiringan berpengaruh terhadap kecepatan aliran air dalam sistem, yang pada gilirannya berdampak pada waktu naik. Aktivitas manusia yang menghalangi atau mengubah aliran air alami juga dapat secara signifikan mempengaruhi waktu naik dengan mengubah dinamika aliran di dalam DAS.

Saidah *et al.* (2022) menyebutkan waktu dasar (T_b) merupakan waktu yang diperlukan oleh suatu daerah aliran untuk menghabiskan *runoff* akibat dari kejadian hujan. Di DAS Klawoguk, Sub DAS 5 mempunyai waktu dasar yang lebih lama dalam mengalirkan *runoff* akibat hujan dibandingkan dengan empat Sub DAS yang lain, sehingga ketika terjadi banjir maka Sub DAS 5 tergenang lama.

Apabila dilihat nilai debit puncak (Q_p), maka yang tertinggi pada Sub DAS 1 sebesar $1,427 \text{ m}^3/\text{detik}$ sedangkan paling rendah di Sub DAS 5 sebesar $0,488 \text{ m}^3/\text{detik}$. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh luas daerahnya yang lebih besar dibandingkan Sub DAS lainnya karena debit puncak merupakan fungsi dari luas pada HSS. Selain itu, bentuk dari Sub DAS 1 cenderung menyerupai kipas atau radial. Martins Neto, Borges Alexandre & Corradini (2020) menyatakan DAS berbentuk radial mempunyai kerentanan terhadap curah hujan dan kejadian banjir yang bersamaan.

Tunas (2017) mengemukakan debit puncak dipengaruhi oleh luas DAS,

kemiringan sungai utama dan karakteristik jaringan sungai. Jika diperhatikan pada Tabel 2, terlihat bahwa Sub DAS 1, Sub DAS 2, Sub DAS 3 dan Sub DAS 4 memiliki kemiringan sungai yang hampir sama sehingga besarnya debit puncak juga hampir sama. Berbeda dengan Sub DAS 5 yang mempunyai kemiringan sungai paling kecil sehingga menghasilkan debit puncak yang kecil juga. Demikian halnya dengan kondisi jaringan sungainya, kelima Sub DAS yang ada di DAS Klawoguk masing-masing memiliki ciri khasnya baik dari segi jumlah orde sungai maupun panjang sungainya. Sub DAS 1 mempunyai jumlah orde sungai terbanyak 56 sedangkan paling sedikit di Sub DAS 5 yakni 1 saja. Demikian pula dengan panjang sungai di Sub DAS 1 paling tinggi dibandingkan dengan Sub DAS lainnya. Hal ini dipengaruhi oleh letak Sub DAS 1 yang berada di bagian hulu sehingga banyak dijumpai alur sungai sedangkan di Sub DAS 1 karena sudah mendekati bagian hilir sehingga sudah jarang dijumpai alur sungai. Faktor-faktor tersebut secara tidak langsung akan menghasilkan nilai debit puncak yang berbeda untuk masing-masing Sub DAS dimana semakin banyak jumlah orde sungai maka debit aliran yang dihasilkan juga semakin banyak. Semakin besar jumlah anak sungai, maka berkontribusi terhadap aliran. Anak-anak sungai tersebut akan membawa air dari berbagai wilayah di DAS sehingga meningkatkan total debit air yang mengalir. Perbandingan grafik dari HSS Gama 1 di DAS Klawoguk disajikan pada Gambar 3



Gambar (Figure) 3. Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Gama 1 (*Gama 1 Synthetic Unit Hydrograph*)
Sumber (Source): Hasil olahan data tahun 2023 (*Data processed on 2023*)

Berdasarkan pada Gambar 3, terlihat bahwa kelima Sub DAS mempunyai bentuk hidrograf yang hampir sama yakni naik cepat sedangkan turunnya lambat. Tunas (2017) menyatakan faktor-faktor yang mempengaruhi sisi naik adalah waktu konsentrasi, jaringan sungai dan luas daerah aliran. Sisi resesi (lengkung resesi) merupakan bagian hidrograf yang mana dihitung dari puncak hidrograf sampai dengan akhir dari hidrograf. Bentuk sisi resesi antara Sub DAS 3, Sub DAS 2, Sub DAS 4 dan Sub DAS 1 cenderung sama yakni melengkung ke bawah. Berbeda dengan Sub DAS 5 yang mana sisi resesi bentuknya cenderung lurus. Hal ini dipengaruhi oleh sifat dari tampungan (*storage*) dari DASnya dan debit puncak. Menurut Alves, Assemany, De Faria, Assis & Caljuri (2014) sisi resesi dipengaruhi oleh karakteristik DAS antara lain penggunaan lahan khususnya dalam proses infiltrasi.

Konversi hutan menjadi area pertanian atau pemukiman mengubah proses

hidrologi, yang mengarah ke kurva resesi yang lebih curam. Hutan umumnya menyimpan air lebih efektif, sehingga menghasilkan lereng resesi yang lebih landai dibandingkan dengan wilayah pertanian atau perkotaan (Latuamury & Talaohu, 2019; Latuamury, Sahureka, Imlabla, Hadijah, Sahusilawane, Marasabessy & Talaohu, 2022). Demikian pula dengan aktivitas manusia seperti pengambilan airtanah dan pengaturan reservoir dapat mengubah pola aliran sungai, yang menyebabkan perubahan pada kurva resesi. Aktivitas ini seringkali mengakibatkan berkurangnya pengisian cadangan airtanah dan perubahan rezim aliran (Parchami, Mostafazadeh, Ouri & Imani, 2024).

Kemiringan daerah aliran juga secara signifikan mempengaruhi perilaku resesi. Di daerah aliran berukuran sedang yang didominasi hujan, kondisi bawah permukaan dan kemiringan sangat penting, sedangkan di daerah aliran yang

didominasi salju, kemiringan dan ekuivalen air salju maksimum tahunan lebih berpengaruh (Li & Ameli, 2022). Selain itu, kemiringan rata-rata suatu daerah aliran dapat mendominasi proses resesi banjir ketika intensitas curah hujan menurun melampaui ambang batas tertentu (Cheng, Sang, Wang, Guo & Tang, 2021).

IV. KESIMPULAN

DAS Klawoguk memiliki karakteristik daerah aliran sungai yang cukup beragam. Sub DAS 1 mempunyai wilayah paling luas sebesar $9,74^2$ km yang berarti mampu menampung air hujan dalam jumlah yang banyak. Sungai utama di DAS Klawoguk yang paling panjang adalah di Sub DAS 5 (8,22 km) dan paling pendek yakni Sub DAS 4 (4,95 km). Hal ini menandakan bahwa Sub DAS 5 mempunyai waktu konsentrasi yang lebih lama sehingga resiko banjirnya juga rendah. Kemiringan sungai utama di DAS Klawoguk cukup rendah (0,002-0,023) yang mengindikasikan terjadinya penumpukan air. Nilai dari bentuk DAS Klawoguk berkisar 0,028-0,041 yang berarti lima Sub DAS tidak berbentuk bulat. Bahkan jika dilihat dari peta batas DAS, bentuknya cenderung memanjang hampir seperti kipas dan bulu burung. Waktu yang diperlukan untuk terjadinya akumulasi aliran penuh akibat curah hujan lebih lama sehingga debit yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan DAS berbentuk lebar.

Berdasarkan hasil perhitungan parameter Hidrograf Satuan Sintetik Gama 1, maka nilai debit puncak (Q_p) yang tertinggi pada Sub DAS 1 sebesar $1,427 \text{ m}^3/\text{detik}$ sedangkan paling rendah di Sub DAS 5 sebesar $0,488 \text{ m}^3/\text{detik}$. Hal ini

kemungkinan disebabkan luas daerah dari Sub DAS 1 paling besar dibandingkan Sub DAS lainnya di mana debit puncak merupakan fungsi dari luas. Nilai debit yang diperoleh menggunakan HSS Gama 1 dapat menjadi gambaran kondisi debit di lapangan. Penelitian lanjutan sangat diperlukan untuk mengintegrasikan antara besarnya daya tampung sungai dengan debit banjir akibat hujan yang turun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi atas dukungan penelitian ini dalam Hibah Program Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Tahun 2023 skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) dan mahasiswa Teknik Sipil Angkatan 2020 yang turut serta dalam survei lapangan.

KONTRIBUSI

Pada penelitian ini A Farida berkontribusi dalam merancang penelitian, mengolah dan menganalisis data HSS serta menyusun manuskrip. A Rusdi berkontribusi dalam mengumpulkan literatur yang berhubungan dengan tema penelitian, merencanakan kegiatan survei lapangan dan membantu dalam analisis data hidrograf satuan sintetik.

DAFTAR PUSTAKA

- Acanal, N. (2021). Snyder-gamma synthetic unit hydrograph. *Arabian Journal of Geosciences*, 14, 271. Springer. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-06531-7>.
- Alves, L.G.S., Assemany, P.P., De Faria, A.P.M, Assis, L.C., & Caljuri, M.L. (2014). Evaluation of Alternatives for Reducing

- Flow Peaks in An Urban Watershed. *Proceeding of 6th International Conference on Flood Management, September 2014 in Sao Paulo-Brazil*.
- Amiruddin, A., Saparuddin, S., & Anasiru, T. (2020). Debit Banjir Rancangan DAS Tojo Metode HSS ITB 1. *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*, 4(2), 126-137. <https://doi.org/10.35334/be.v4i2.1582>
- Andini, M. (2019). Kajian Karakteristik Biofisik Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Limau Manis untuk Ketersediaan Air Berkelanjutan. *Doctoral dissertation*. Universitas Andalas. Padang.
- Ariyani, D. & Riadhi, H. (2019). Perbandingan Hasil Analisa Debit Banjir dengan Menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayashu dan Gama 1 di DAS Ciherang Hulu. *Spirit of Civil Engineering (SPRING) Journal*, 1(1), 1-7.
- Arsyad, U., Putranto, B., Aeni, N., Isnain, W., & Hasnawain. (2019). Analisis Karakteristik Biogeofisik dan Debit Sungai Lompo Riaja Atas dan Sungai Lompo Riaja Bawah, Sub DAS Ralla. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 8(1), 27-38.
- Brunner, M.I., Seibert, J., & Favre, A. (2018). Representative sets of design hydrographs for ungauged catchments: A regional approach using probabilistic region memberships. *Advances in Water Resources*, 112, 235–244. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2017.12.018>
- Brunner, M.I., Furrer, F., Sikorsa, A.E., Viviroli, D., Seibert, J., & Favre, A. (2018b). Synthetic design hydrographs for ungauged catchments: a comparison of regionalization methods. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. Springer, 32, 1993-2023. <https://doi.org/10.1007/s00477-018-1523-3>.
- Buana, H., Limantara, L. M., Juwono, P. T., & Sholichin, M. (2022). Time Lag Modeling in Modification of Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph. *Journal of Hunan University Natural Sciences*, 49(7), 9–17. <https://doi.org/10.55463/issn.1674-2974.49.7.2>.
- Cai, H., Bo Li, Garel, E., Pan. H., Zhao, T., Liu, F., Ma, Y., Ou, S.. (2023). A data-driven model to quantify the impact of river discharge on tide-river dynamics in the Yangtze River estuary. *Journal of Hydrology* 620 (2023) 129411. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129411>
- Cheng, Y., Sang, Y.-F., Wang, Z., Guo, Y., & Tang, Y. (2021). Effects of Rainfall and Underlying Surface on Flood Recession—The Upper Huaihe River Basin Case. *International Journal of Disaster Risk Science*, 12(1), 111–120. <https://doi.org/10.1007/S13753-020-00310-W>.
- Deulkar, A. M., Londhe, S., Jain, R., & Dixit, P. (2023). *Rainfall-Runoff Modelling Using Artificial Neural Networks (ANNs) for Upper Krishna Basin, Maharashtra, India* (pp. 439–450). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-99-1901-7_35.
- Farida, A. & Irnawati, I. (2020). Kajian Karakteristik Morfometri Daerah Aliran Sungai Klawoguk Kota Sorong Berbasis Sistem Informasi Geografis. *Median Jurnal Ilmu-Ilmu Eksakta*, 12(2), 74-86. <https://doi.org/10.33506/md.v12i2.1004>.
- Fatihawati, N.D., Widyawati, R. & Septiana, T.(2023). Analisis Debit Air Pada Daerah Aliran Kali Jaletreng (Studi Kasus Pada Kota Tangerang Selatan). *Seminar*

- Nasional Insinyur Pofesional (SNIP), Oktober 2023 di Lampung. Lampung : Unila.*
- Gustama, Sabri, F., & Manalu, D.F. (2018). Kesesuaian Hidrograf Satuan Sintetik Terhadap Hidrograf Satuan Terukur (Studi Kasus Sub Sub Daerah Aliran Sungai Pedindang Bagian Tengah). *Jurnal Frofil*, 6(1), 29-44. <https://doi.org/10.33019/fropil.v6i1.1263>.
- Hambali, R. (2017). Analisis Hubungan Bentuk DAS Dengan Debit Banjir Studi Kasus : DAS Kali Pesanggrahan DAS Kali Krukut dan DAS Kali Cipinang. *Faktor Exacta*, 10(4), 389-400. <http://dx.doi.org/10.30998/faktorexacta.v10i4.2244>.
- Harifa, A. C., Sholichin, M., & Prayogo, T. B. (2017). Analisa Pengaruh Perubahan Penutupan Lahan Terhadap Debit Sungai Sub Das Metro dengan Menggunakan Program Arcswat. *Jurnal Teknik Pengairan*, 8(1), 1–14.
- Harini, S., Barik, D. K., Pratyusha, N., Sameera, M., Varsha, M., & Shruthi, S. (2023). A Case Study on GIS Based Method to Develop Geographically Distributed Synthetic Unit Hydrograph using Geo-Spatial Tools in Ungauged Sub-watershed of Ambika River Basin, Gujarat. *Journal of the Geological Society of India*, 99(8), 1165-1172.
- Horton, R.E. 1932. Drainage Basin Characteristics. *Tansactions of American Geophysical Association*, 13: 350-361.
- Imaniar, A.S., (2021). Analisa Perbandingan Kinerja Hidrograf Satuan Sintetis Gama 1, Limantara, dan Nakayasu Pada Sub DAS Lesti, Jawa Timur. *Doctoral dissertation*. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Kamiana, I.M. (2011). Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Latuamury, B., & Talaohu, M. (2019). *Variations in Baseflow Recession Curves as a Function of Land-Use Change in the Keduang Watershed, Wonogiri Regency, Jawa Tengah Province, Indonesia*. 3(2), 54–67. <https://doi.org/10.21523/GCJ5.19030202>.
- Latuamury, B., Sahureka, M., Imlabla, W., Hadijah, M. H., Sahusilawane, J., Marasabessy, H., & Talaohu, M. (2022). Land use change and baseflow recession modelling in Wuryantoro Watershed, Wonogiri Regency, Central Java Province, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 10(1), 3871. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2022.101.3871>.
- Li, H., & Ameli, A. (2022). A statistical approach for identifying factors governing streamflow recession behaviour. *Hydrological Processes*, 36(10). <https://doi.org/10.1002/hyp.14718>.
- Limantara, L. M. (2012). Hidrograf Satuan Sintetik Limantara (Studi Kasus di Sebagian DAS di Indonesia). *Rekayasa Sipil*, 3(3), 209–226.
- Martins Neto, F. F., Borges Alexandre, F. I., & Corradini, F. A. (2020). Topomorphological compartments and morphodynamics of an urban stream watershed, uberaba, brazil. *REVISTA CAMINHOS DE GEOGRAFIA*. 21(78), 253–269. <https://doi.org/10.14393/RCG217857962>.
- Miardini, A., & Nugraha, H. (2020). Penentuan sub das prioritas penanganan banjir di DAS Bodri, Jawa Tengah. *majalah ilmiah globe*, 22(2),

- 93-100. <https://doi.org/10.24895/MIG.2020.22-2.992>.
- Natakusumah, D. K. (2011). Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis dengan Cara ITB dan Beberapa Contoh Penerapannya. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(3), 251-291.
- Parchami, N., Mostafazadeh, R., Ouri, A. E., & Imani, R. (2024). *Spatio-temporal analysis of river flow master recession curve characteristics over Ardabil province rivers*. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2024.103586>
- Saidah, H., Setiawan, A., Hanifa, L., Suroso, A., & Supriyadi, A. (2022). Unjuk Kerja Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu, ITB 2 dan Limantara untuk Daerah Aliran Sungai Berbentuk Memanjang. *PADURAKSA*, 11(2), 157-165. <https://doi.org/10.22225/pd.11.2.5013.157-165>.
- Setiawan, I., & Purwanto, Y. (2018). Perbandingan Pengukuran Debit Sungai Dengan Metode Pelampung dan Current Meter. In *Pros. Has. Penelit. dan Kegiat.*
- Setiawan, W. A., Vera, I., Rehana, H., & Wise Sri, A. (2022). Testing of The Method of Gama I Synthetic Unit Hydrograph in The Analysis of The Tojo Watershed Design Flood. *IOP Conference Series*, 1075(1), 012050. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1075/1/012050>.
- Seyhan, E. (1977). A Mophometrical Analysis In The Ardeche River Basin, Southern France. Utrech: Geographical Institute.
- Sherman, L. K. (1935). Report of the Committee on Rainfall and Runoff, 1934–35. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 16(2), 404-426.
- Simak, A.P., Farida, A. & Rusdi, A. (2023). Analisis Hidrograf Satuan Sintetik Daerah Aliran Sungai Klawoguk Kota Sorong. *Skrispi*. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Sorong. Sorong.
- Stoica, P., Zaborilă, A., Telișcă, M., Balan, I., & Giurma-Handley, C. R. (2022, July). Deriving a unit hydrograph for Tazlău River Basin using ArcGIS. In *Present Environment and Sustainable Development* (pp. 31-31).
- Suripin. (2004). Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Tunas, I.G. (2017). Pengembangan Model Hidrograf Satuan Sintetik Berdasarkan Karakteristik Fraktal Daerah Aliran Sungai. *Disertasi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Yani, D. A. & Suhartanto, E. (2019). Model Debit Puncak Banjir Berdasarkan Faktor Bentuk DAS Untuk Sungai-Sungai di Sulawesi Selatan. *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 4 (1), 8 -15.

Sengaja Dibuat kosong