



Analisis Hidrograf Satuan Sintetik Limantara Berdasarkan Karakteristik Morfometri di DAS Klawoguk

Anif Farida^{1*}, Achmad Rusdi², Hendrik Pristianto³

^{1*}Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sorong, Sorong, Indonesia

^{2,3}Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sorong, Sorong, Indonesia

Email: ^{1*}aniffarida@um-sorong.ac.id, ²achmadrusdi@um-sorong.ac.id, ³hendrikpristiano@um-sorong.ac.id

Abstract

This study aims to analyze the characteristics of the Limantara Synthetic Unit Hydrograph (SUH) based on morphometric parameters in the Klawoguk Watershed. Watershed morphometric parameters were extracted from Digital Elevation Model (DEM) and river network maps using Geographic Information System. The time lag (Tg), rainfall time (Tr), time to peak (Tp), and peak discharge (Qp) values in each sub-watershed were determined as input for the Limantara SUH. The results showed that the morphometric characteristics of the Klawoguk Watershed have an influence on the Limantara SUH. The variability in watershed area, the length of the main river, the length of the river to the center of gravity of the watershed, and the slope of the river cause differences in the values of Tg, Tr, Tp, and Qp. Sub-watershed 5 has the highest peak discharge of 0,558 m³/s and a peak time of 1,308 hours while the sub-watershed 2 has the lowest peak discharge of 0,231 m³/s. The hydrographs of all sub-watersheds also show a rapid increase in discharge (rising limb) and a slower decrease in discharge (recession limb), indicating a greater influence of surface runoff than infiltration. The larger the watershed area and the length of the main river, the resulting hydrograph has a longer recession time with a higher peak discharge value. Conversely, a steeper river slope results in a faster flow response. This indicates that the Limantara HSS method describes the characteristics of the watershed's hydrological response based on morphometric parameters.

Keywords: Synthetic Unit Hydrograph Limantara, Morphometry, Hydrological Response, Peak Discharge.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Limantara berdasarkan parameter morfometri di DAS Klawoguk. Parameter morfometri DAS diperoleh melalui data *Digital Elevation Model* (DEM) dan peta jaringan sungai menggunakan Sistem Informasi Geografis. Nilai *time lag* (Tg), waktu hujan (Tr), waktu mencapai debit puncak (Tp), dan debit puncak (Qp) pada setiap Sub DAS ditentukan sebagai masukan untuk HSS Limantara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik morfometri DAS Klawoguk mempunyai pengaruh terhadap HSS Limantara. Keragaman besarnya, panjang sungai utama, luas DAS, panjang sungai menuju titik berat DAS dan kemiringan sungai menyebabkan perbedaan nilai Tg, Tr, Tp dan Qp. Sub DAS 5 memiliki debit puncak tertinggi sebesar 0,558 m³/detik dengan waktu mencapai puncak 1,308 jam, sedangkan Sub DAS 2 memiliki debit puncak terendah sebesar 0,231 m³/detik. Hidrograf seluruh Sub DAS juga menunjukkan kenaikan debit yang cepat (*rising limb*) dan penurunan debit yang lebih lambat (*recession limb*), mengindikasikan pengaruh limpasan permukaan lebih besar dibandingkan infiltrasi. Semakin besar luas DAS dan panjang sungai utama, hidrograf yang dihasilkan memiliki waktu resesi lebih panjang dengan nilai debit puncak yang lebih tinggi. Sebaliknya, kemiringan sungai yang curam menghasilkan respon aliran yang lebih cepat. Hal ini menunjukkan bahwa metode HSS Limantara menggambarkan karakteristik respon hidrologi DAS berdasarkan parameter morfometri.

Kata Kunci: Hidrograf Satuan Sintetik Limantara, Morfometri, Respon Hidrologi, Debit Puncak.

1. PENDAHULUAN

Perubahan penggunaan lahan dan meningkatnya bencana hidrometeorologis seperti curah hujan ekstrem telah menjadi faktor utama yang mempengaruhi kestabilan hidrologi daerah aliran sungai (DAS). Urbanisasi, deforestasi dan konversi lahan alami menjadi kawasan terbangun menyebabkan peningkatan aliran permukaan, menurunnya infiltrasi dan terganggunya keseimbangan aliran sungai, sehingga meningkatkan risiko banjir, erosi dan sedimentasi (Beegam & Prince Arulraj, 2018; Shaikh et al., 2023). Perubahan iklim juga memperkuat dampak tersebut melalui peningkatan frekuensi dan intensitas banjir serta kekeringan, yang menyebabkan respon hidrologi DAS menjadi semakin tidak stabil (Chen et al., 2019). Selain dipengaruhi oleh perubahan penggunaan lahan, respon hidrologi daerah aliran dipengaruhi juga oleh karakteristik fisik wilayah seperti luas DAS, panjang sungai utama, kemiringan lereng, bentuk daeraah aliran dan kerapatan drainase yang secara langsung mempengaruhi proses transformasi hujan menjadi aliran (Melsse et al., 2025).

Karakteristik morfometri DAS merupakan salah satu faktor utama yang berpengaruh terhadap besarnya debit aliran, waktu konsentrasi dan bentuk hidrograf. DAS dengan kemiringan lereng yang curam dan jaringan sungai yang rapat cenderung menghasilkan limpasan permukaan lebih cepat serta debit puncak yang lebih tinggi dibandingkan DAS dengan topografi yang landai (Et-takaouy et al., 2025). DAS dengan bentuk yang membulat menghasilkan limpasan lebih cepat dan bentuk hidrograf yang lebih tajam dikarenakan konsentrasi aliran menuju *outlet* terjadi hampir bersamaan. Berbeda dengan bentuk DAS yang memanjang memiliki respon hidrologi yang lebih lambat dan debit puncak yang lebih kecil (Salvi et al., 2025). Perbedaan karakteristik tersebut menyebabkan setiap DAS mempunyai respon hidrologi yang tidak sama terhadap hujan sehingga diperlukan analisis hidrograf untuk memahami perilaku aliran sungai dan limpasan permukaan.

Perkembangan dalam bidang penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) di masa sekarang meningkatkan kemampuan dalam analisis morfometri melalui pemanfaatan *Digital Elevation Model* (DEM). Integrasi DEM dan SIG tersebut memungkinkan ekstraksi parameter morfometri seperti panjang sungai, luas DAS, kemiringan lereng, relief dan kerapatan drainase dilakukan secara lebih cepat dibandingkan dengan metode konvensional (Gudowicz & Paluszkiewicz, 2021). Penggunaan DEM dengan resolusi tinggi mampu meningkatkan ketelitian dalam proses identifikasi topografi dan jaringan aliran sehingga memberikan representasi yang lebih baik terhadap respon hidologi dalam DAS (Mascandola et al., 2021; Bilous et al., 2020).

Dalam analisis hidrologi, hidrograf satuan sintetik (HSS) merupakan metode empiris yang banyak digunakan untuk memperkirakan karakteristik debit aliran berdasarkan parameter morfometri DAS, terutama pada wilayah yang memiliki keterbatasan data debit aliran. Metode HSS menggunakan karakteristik fisik DAS seperti panjang sungai, luas DAS, kemiringan lereng, kerapatan drainase dan bentuk DAS untuk mensimulasikan hubungan hujan-aliran (Natakusumah et al., 2013; Permatasari et al., 2017). Berbagai metode HSS telah banyak diterapkan di Indonesia untuk memperkirakan debit banjir dan karakteristik hidrograf pada DAS tidak terukur (*ungauged watershed*) (Wisnulingga & Harsanto, 2025). Pengembangan HSS umumnya didasarkan pada parameter morfometri yang diturunkan dari data *Digital Elevation Model* (DEM), sehingga kualitas dan resolusi data topografi sangat mempengaruhi akurasi model hidrologi (Tunas et al., 2024; Behera & Singh Rawat, 2023).

Berbagai metode HSS telah dikembangkan seperti Nakayasu, Snyder, GAMA I, Limantara dan ITB. Metode Limantara termasuk metode hidrograf satuan sintetik yang dinilai paling sesuai karena dikembangkan berdasarkan parameter morfometri dan

kondisi fisik DAS yang umum dijumpai di wilayah tropis seperti panjang sungai utama, luas DAS, panjang sungai menuju titik berat DAS, kemiringan sungai utama dan koefisien kekasaran DAS. Berbeda dengan metode lain yang dikembangkan berdasarkan karakteristik DAS subtropis, metode Limantara dibuat menggunakan data dan kondisi hidrologis DAS di Indonesia sehingga lebih representatif dalam menggambarkan respon hujan-aliran. Metode HSS Limantara menghasilkan hidrograf yang mendekati observasi karena mempertimbangkan pengaruh stasiun hujan dan karakteristik fisik DAS secara lebih detail (Limantara et al., 2014). Lebih lanjut Gede Tunas (2019) menyatakan metode tersebut memiliki performa yang baik dalam memprediksi debit banjir dengan nilai koefisien determinasi dan efisiensi *Nash-Sutcliffe (NSE)* yang tinggi serta perbedaan waktu puncak yang relatif lebih rendah dibandingkan metode lain.

Penelitian terkait penerapan HSS dan morfometri DAS telah banyak dilakukan dalam beberapa tahun terakhir. Saidah (2022) melakukan penelitian mengenai unjuk kerja HSS Nakayasu, ITB 2, dan Limantara untuk memperkirakan debit banjir dan memberikan hasil bahwa metode Limantara memiliki performa yang cukup baik. Penelitian Margini et al. (2017) pada Sub DAS Konto Jawa Timur menunjukkan bahwa karakteristik morfometri DAS mempengaruhi perbedaan bentuk hidrograf dan debit puncak pada masing-masing metode HSS.

DAS Klawoguk mengalami peningkatan tekanan lingkungan seiring berkembangnya wilayah perkotaan di Kota Sorong, Papua Barat Daya. DAS Klawoguk merupakan salah satu DAS yang berperan penting dalam sistem drainase perkotaan dan pengendalian tata air, namun dalam beberapa tahun terakhir sering mengalami genangan dan banjir terutama pada kawasan hilir. Perubahan penggunaan lahan, perkembangan kawasan permukiman, penurunan luas kawasan bervegetasi, serta aktivitas pengambilan material tanah turut meningkatkan limpasan permukaan dan sedimentasi sungai sehingga memperbesar potensi banjir di wilayah tersebut (Wijaya et al., 2024). Selain itu, DAS ini mempunyai kerapatan drainase dengan kategori sedang dan kemampuan infiltrasi yang relatif rendah serta volume limpasan permukaan yang cukup besar sehingga menyebabkan respon hidrologi yang cepat terhadap hujan dengan intensitas tinggi (Farida & Irnawati, 2020).

Meskipun penelitian mengenai HSS dan karakteristik morfometri DAS telah banyak dilakukan, sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada estimasi debit banjir atau perbandingan antar metode HSS tanpa mengkaji secara mendalam hubungan parameter morfometri terhadap karakteristik hidrograf pada skala Sub DAS. Sementara itu, penelitian terkait morfometri lebih diarahkan pada analisis kerentanan banjir, prioritas konservasi DAS dan identifikasi respon limpasan tanpa mengkaji secara rinci pengaruh variasi parameter morfometri terhadap karakteristik hidrograf pada masing-masing Sub DAS (Tola & Shetty, 2022; Garzon et al., 2023). Padahal, setiap Sub DAS mempunyai karakteristik fisik yang berbeda yang berpotensi menghasilkan perbedaan respon hidrologi, waktu mencapai puncak, debit puncak dan bentuk hidrograf.

Analisis pada tingkat Sub DAS di DAS Klawoguk penting dilakukan dikarenakan setiap Sub DAS memiliki karakteristik morfometri yang berbeda sehingga menghasilkan respon hidrologi yang berbeda pula terutama proses transformasi hujan menjadi aliran. Perbedaan karakteristik tersebut juga menyebabkan kontribusi masing-masing Sub DAS terhadap pembentukan aliran di DAS Klawoguk tidak seragam. Oleh sebab itu, analisis pada skala Sub DAS diperlukan untuk memahami variasi respon hidrologi antar daerah aliran serta mengidentifikasi Sub DAS yang berpotensi memberikan kontribusi lebih besar terhadap terjadinya debit puncak dan kejadian banjir. Penelitian Farida & Rusdi (2024) telah mengidentifikasi karakteristik morfometri DAS Klawoguk dan memperkirakan debitnya menggunakan metode HSS Gama 1. Namun, penelitian tersebut

masih berfokus pada estimasi debit dan evaluasi karakteristik DAS secara umum. Kajian yang berhubungan dengan pengaruh parameter morfometri terhadap pembentukan hidrograf belum dibahas secara lebih mendalam. Dengan demikian, penelitian ini berupaya mengisi kesenjangan tersebut melalui penerapan HSS Limantara pada masing-masing Sub DAS untuk menganalisis hubungan antara karakteristik morfometri dan karakteristik hidrograf yang dihasilkan.

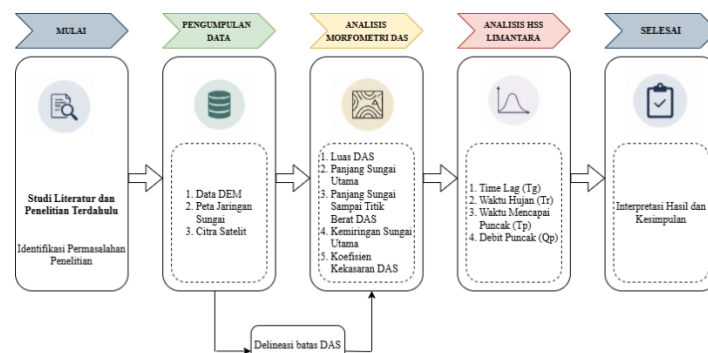
Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini mengkaji karakteristik Hidrograf Satuan Sintetik Limantara berdasarkan parameter morfometri pada masing-masing Sub DAS di DAS Klawoguk. Analisis morfometri dilakukan melalui integrasi DEM dan SIG serta metode Limantara untuk mengevaluasi pengaruh karakteristik fisik Sub DAS terhadap pembentukan hidrograf. Penelitian ini juga secara khusus menganalisis parameter morfometri utama yaitu luas DAS, koefisien kekasaran, panjang sungai utama, panjang sungai menuju titik berat DAS dan kemiringan sungai utama dengan karakteristik hidrograf pada masing-masing Sub DAS. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan pemahaman terhadap keterkaitan antara morfometri DAS dan karakteristik hidrograf serta menjadi dasar ilmiah dalam pengelolaan sumber daya air, perencanaan bangunan hidraulik dan mitigasi banjir secara berkelanjutan di DAS Klawoguk Kota Sorong dan sekitarnya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini diawali dengan identifikasi permasalahan yang ada di DAS Klawoguk terutama terkait karakteristik morfometri, potensi limpasan permukaan dan respon hidrologi terhadap hujan. Selanjutnya dilakukan studi literatur mengenai morfometri DAS dan metode hidrograf satuan sintetik serta penelitian terdahulu yang relevan dengan analisis hidrograf.

Tahap berikutnya dilaksanakan pengumpulan data berupa data *Digital Elevation Model* (DEMNAS 8,1 meter), peta jaringan sungai dan Citra Satelit Landsat Tahun 2025. Data-data tersebut kemudian digunakan untuk mendelineasi batas DAS Klawoguk dan pembagian sub DAS menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Setelah itu dilakukan analisis karakteristik morfometri DAS meliputi luas, kemiringan sungai utama, panjang sungai sampai titik berat DAS, panjang sungai utama dan koefisien kekasaran DAS. Analisis HSS Limantara dilakukan dengan menghitung parameter hidrograf seperti *time lag*, waktu hujan, waktu mencapai puncak (*time to peak*) dan debit puncak (*peak discharge*) pada masing-masing sub DAS. Keterkaitan antara parameter morfometri DAS dan respon hidrologi juga dianalisis untuk mengetahui pengaruh dari karakteristik fisik terhadap hidrograf. Gambar 1 menyajikan tahapan penelitian yang dilakukan.



Gambar 1. Tahapan Penelitian
Sumber: Penulis, 2026

2.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di DAS Klawoguk terletak pada koordinat 131,2866554° BT – 131,3865770° BT dan 0,86706396° LS – 0,95255829° LS. DAS ini mempunyai luas wilayah sekitar 29,97 km²(Gambar 2). Wilayahnya membentang dari bagian hulu sampai dengan hilir yang mencakup Distrik Sorong Utara sampai dengan Distrik Sorong Timur (Farida & Irnawati, 2020)

Tanah yang berkembang di wilayah ini yaitu *Typic Hapludults*, *Aquic Dystrudepts*, *Typic Dystrudepts*, *Typic Sulfaquepts* dan *Typic Eutrudepts*. Sedangkan topografinya terdiri dari empat kelas yakni agak curam (15-25%), curam (25-45%), landai (8-15%) dan datar (0-8%) (Farida & Rusdi, 2024). Berdasarkan data dari BMKG yang terukur di Stasiun Domine Eduard Osok, curah hujan rata-rata tahunan di DAS Klawoguk sebesar 3.147 mm/ tahun dengan curah hujan bulanan rata-rata tertinggi pada bulan Juni sebesar 391 mm dan terendah pada bulan Februari sebesar 179 mm.

2.3 Analisis Hidrograf Satuan Sintetik Limantara

$$Q_p = 0,042 \cdot A^{0,451} \cdot L^{0,497} \cdot L_c^{0,356} \cdot S^{-0,131} \cdot n^{0,168} \quad (1)$$

Keterangan :

- A : luas daerah aliran sungai (km²)
- n : koefisien kekasaran DAS
- Lc : panjang sungai dari outlet sampai titik berat DAS (km)
- 0,042 : koefisien konversi satuan
- Q_p : debit puncak (m³/detik)

$$Q_n = Q_p \cdot \left[\frac{t}{T_p} \right]^{1,107} \quad (2)$$

Keterangan :

- Q_n : debit pada persamaan kurva naik (m³/detik/mm)
- t : waktu hidrograf (jam)
- T_p : waktu mencapai puncak hidrograf (jam)

$$Q_t = Q_p \cdot 10^{0,175 (T_p - t)} \quad (3)$$

Keterangan :

- T_p : waktu mencapai puncak hidrograf (jam)
- 0,175 : koefisien untuk konversi satuan (dt⁻¹)
- Q_t : debit pada persamaan kurva turun (m³/detik/mm)

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

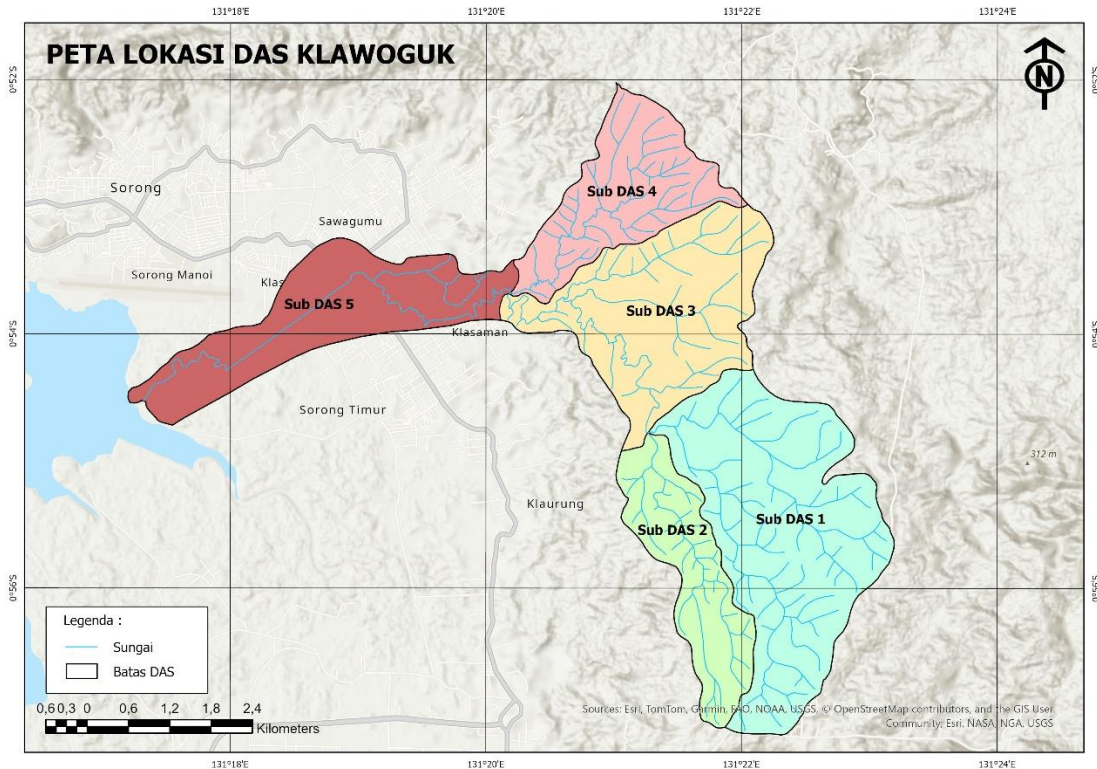
$$T_g = 0,21L^{0,7} \text{ untuk } L < 15 \text{ km} \quad (5)$$

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

$$T_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \quad (7)$$

Keterangan :

- L : panjang sungai
- T_r : waktu hujan (jam)
- T_g : *time lag* yaitu waktu terjadinya hujan sampai dengan terjadinya debit puncak (jam)
- T_p : *peak time* (jam)



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian
 Sumber: Penulis, 2026

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis morfometri menunjukkan bahwa DAS Klawoguk mempunyai karakteristik fisik yang bervariasi pada masing-masing sub DAS (Tabel 1). Parameter fisik yang dianalisis meliputi kemiringan sungai utama, panjang sungai utama, luas DAS, koefisien kekasaran DAS dan panjang sungai sampai titik berat DAS. Keragaman nilai parameter morfometri tersebut tentunya akan berpengaruh terhadap kecepatan aliran, waktu konsentrasi dan besarnya debit puncak di masing-masing Sub DAS.

Tabel 1. Parameter Fisik DAS Klawoguk untuk Input HSS Limantara

Parameter Fisik DAS	Satuan	Sub DAS 1	Sub DAS 2	Sub DAS 3	Sub DAS 4	Sub DAS 5
Luas DAS (A)	km ²	9,742	3,668	6,870	4,253	5,433
Panjang sungai utama (L)	km	6,117	5,049	6,310	4,953	8,225
Panjang sungai sampai titik berat DAS (Lc)	km	3,078	2,606	4,685	3,394	3,710
Kemiringan sungai utama (S)	-	0,020	0,020	0,022	0,023	0,002
Koefisien kekasaran DAS (n)	-	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040

Sumber : Data diolah, 2026

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa luas Sub DAS 1 mempunyai luas terbesar sedangkan Sub DAS 2 memiliki luas terkecil. Perbedaan luas DAS tersebut berpengaruh pada volume limpasan permukaan dan kapasitas penyimpanan air pada masing-masing Sub DAS. DAS dengan luas yang lebih besar cenderung memiliki volume limpasan yang lebih besar karena area tangkapan hujan lebih luas, namun respon alirannya lebih lambat akibat distribusi aliran yang lebih panjang (Lemma et al., 2018). Sebaliknya, Sub DAS yang lebih kecil memiliki respon hidrologi lebih cepat karena air hujan lebih cepat terkonsentrasi menuju ke *outlet*.

Panjang sungai utama pada DAS Klawoguk berkisar antara 4,953–8,225 km. Sub DAS 5 mempunyai panjang sungai utama terbesar sedangkan Sub DAS 4 memiliki panjang sungai terpendek. Panjang pendeknya sungai utama tersebut mempengaruhi waktu perjalanan air menuju *outlet* DAS. Sungai utama yang lebih panjang menyebabkan waktu konsentrasi lebih lama sehingga debit puncak terjadi lebih lambat dibandingkan DAS dengan sungai yang lebih pendek (Hajika et al., 2024). Panjang sungai sampai titik berat DAS juga menunjukkan nilai yang bervariasi, dimana Sub DAS 3 memiliki nilai Lca terbesar. Hal ini menunjukkan titik berat DAS berada relatif jauh dari *outlet* sehingga aliran permukaan membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai titik keluaran.

Kemiringan sungai utama terbesar dimiliki oleh Sub DAS 4 sebesar 0,023 sedangkan Sub DAS 5 memiliki kemiringan paling kecil sebesar 0,0002. Kemiringan sungai yang curam mempercepat aliran permukaan dan meningkatkan debit puncak dikarenakan energi aliran menjadi lebih besar dan waktu infiltrasi air lebih singkat (Garg et al., 2013). DAS dengan kemiringan sungai rendah mempunyai kecepatan aliran yang lambat sehingga memungkinkan proses infiltrasi berlangsung lebih lama dan mengurangi potensi terjadinya aliran permukaan.

Koefisien kekasaran DAS pada seluruh Sub DAS relatif sama yakni 0,040, menjadi indikasi jika kondisi permukaan DAS seragam terutama kaitannya dengan penggunaan lahan dan karakteristik vegetasi. Nilai kekasaran DAS akan berpengaruh terhadap hambatan aliran permukaan, kecepatan aliran dan kapasitas infiltrasi. Permukaan DAS dengan vegetasi yang rapat atau kondisi lahan yang kasar berpotensi memperlambat aliran permukaan dan meningkatkan proses infiltrasi ke dalam tanah, sedangkan permukaan yang lebih terbuka akan mempercepat aliran permukaan (Yusuf et al., 2021).

Parameter fisik yang ada di Tabel 1 kemudian digunakan untuk menghitung variabel pembentuk hidrograf satuan seperti waktu antara hujan sampai debit puncak banjir, waktu hujan, waktu mencapai puncak dan debit puncak. Hasil perhitungan variabel pembentuk HSS disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan hasil pengolahan data, Sub DAS 5 memiliki nilai Tg, Tr, dan Tp tertinggi dibandingkan Sub DAS lainnya, masing-masing sebesar 0,918 jam, 0,459 jam, dan 1,308 jam. Hal ini menunjukkan bahwa aliran permukaan pada Sub DAS 5 memerlukan waktu lebih lama untuk mencapai debit puncak. Kondisi tersebut disebabkan oleh panjang sungai utamanya sebesar 8,225 km sehingga waktu perjalanan air menuju *outlet* DAS menjadi lebih panjang. Meskipun mempunyai waktu mencapai puncak yang lebih lama, Sub DAS 5 juga menghasilkan debit puncak tertinggi sebesar 0,558 m³/detik. Hal tersebut menjadi indikasi bahwa luas DAS dan akumulasi limpasan yang terbentuk pada Sub DAS 5 cukup besar sehingga volume aliran permukaan yang terkonsentrasi menuju *outlet* meningkat. Sejalan dengan Mazivanhanga et al. (2024) yang menyatakan bahwa debit puncak umumnya meningkat seiring dengan bertambahnya luas daerah tangkapan akibat akumulasi limpasan dari area yang lebih luas. Namun hubungan tersebut tidak bersifat mutlak karena debit puncak dipengaruhi oleh parameter morfometri lainnya seperti penggunaan lahan dan curah hujan (Asfaha et al., 2015).

Tabel 2. Variabel Pembentuk Hidrograf Satuan Sintetik Limantara

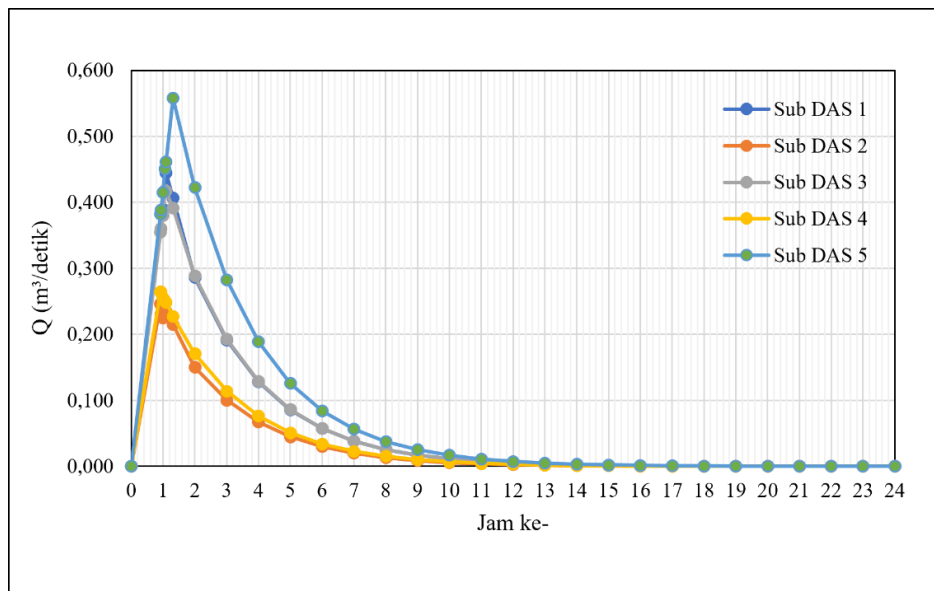
Nama DAS	Tg (jam)	Tr (jam)	Tp (jam)	Qp (m ³ /detik)
Sub DAS 1	0,746	0,373	1,063	0,417
Sub DAS 2	0,652	0,326	0,930	0,231
Sub DAS 3	0,762	0,381	1,087	0,417
Sub DAS 4	0,644	0,322	0,917	0,264
Sub DAS 5	0,918	0,459	1,308	0,558

Sumber : Data diolah, 2026

Sub DAS 2 memiliki nilai Tg, Tr, Tp, dan debit puncak terendah, yaitu masing-masing sebesar 0,652 jam, 0,326 jam, 0,930 jam, dan 0,231 m³/detik. Nilai tersebut menunjukkan bahwa respon hidrologi Sub DAS 2 berlangsung lebih cepat namun menghasilkan debit aliran yang lebih kecil dibandingkan dengan Sub DAS lainnya. Kondisi ini dipengaruhi oleh luas Sub DAS yang kecil sebesar 3,668 km² sehingga volume limpasan yang terbentuk juga rendah akibat area tangkapan hujannya lebih sempit. Panjang sungai utama di Sub DAS 2 juga relatif pendek sehingga waktu konsentrasi aliran menjadi lebih cepat dan waktu mencapai puncak lebih cepat.

Sub DAS 1 dan Sub DAS 3 mempunyai debit puncak yang sama yaitu sebesar 0,417 m³/detik meskipun parameter morfometri keduanya berbeda. Sub DAS 3 memiliki nilai Tg, Tr, dan Tp sedikit lebih besar dibandingkan Sub DAS 1, yang menunjukkan bahwa aliran pada Sub DAS 3 membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai debit puncak. Hal ini dipengaruhi oleh panjang sungai menuju titik berat DAS (Lc) pada Sub DAS 3 yang lebih besar dibanding pada Sub DAS 1 sehingga distribusi aliran menuju *outlet* berlangsung lebih lambat. Sementara itu, Sub DAS 4 memiliki nilai kemiringan sungai terbesar yaitu 0,023 dengan nilai Tp paling rendah sebesar 0,917 jam setelah Sub DAS 2. Kemiringan sungai yang curam maka aliran permukaan bergerak lebih cepat mengakibatkan waktu mencapai puncak juga lebih cepat.

Perbandingan grafik dari HSS Limantara di DAS Klawoguk disajikan pada Gambar 3. Berdasarkan gambar tersebut, bentuk hidrograf dari kelima Sub DAS memperlihatkan karakteristik hidrograf banjir dengan pola kenaikan debit yang cepat (*rising limb*) dan penurunan debit yang lebih lambat (*recession limb*). Debit aliran pada keseluruhan Sub DAS meningkat tajam pada awal kejadian hujan hingga mencapai debit puncak sekitar jam ke-1 sampai jam ke-2 kemudian mengalami penurunan bertahap hingga mendekati nol pada jam ke-13 sampai dengan jam ke-24. Pola tersebut memberikan gambaran bahwa DAS Klawoguk memiliki respon hidrologi yang relatif cepat terhadap hujan efektif, yang mengindikasikan pengaruh limpasan permukaan lebih besar dibandingkan dengan proses infiltrasi ke dalam tanah.



Gambar 3. Grafik HSS Limantara
Sumber: Data diolah, 2026

Pada grafik terlihat bahwa Sub DAS 5 memiliki bentuk hidrograf dengan puncak paling tinggi dan paling lebar dibandingkan Sub DAS lainnya. Debit puncak pada Sub DAS 5 mencapai 0,558 m³/detik dengan waktu mencapai puncak sekitar 1,3 jam. Bentuk

hidrograf tersebut menunjukkan bahwa Sub DAS 5 memiliki volume limpasan terbesar serta waktu konsentrasi yang relatif lebih lama. Kondisi ini dipengaruhi oleh panjang sungai utama sehingga waktu perjalanan aliran menuju *outlet* lebih panjang, namun akumulasi limpasan yang terbentuk juga lebih besar. Hidrograf yang lebih lebar menunjukkan bahwa aliran permukaan berlangsung dalam durasi lebih lama sebelum kembali menuju aliran dasar (*baseflow*). Hidrograf yang lebih lebar menunjukkan bahwa aliran permukaan berlangsung dalam durasi lebih lama sebelum kembali menuju aliran dasar (*baseflow*).

Sub DAS 1 dan Sub DAS 3 menunjukkan bentuk hidrograf yang hampir serupa. Kedua hidrograf memiliki *rising limb* yang cukup curam dan *recession limb* yang menurun secara perlahan. Pola tersebut menunjukkan bahwa kedua Sub DAS memiliki kemampuan respon aliran yang relatif cepat namun masih memiliki kapasitas penyimpanan sementara sebelum debit menurun kembali. Kesamaan bentuk hidrograf tersebut dipengaruhi oleh karakteristik morfometri yang relatif sama, terutama pada luas DAS dan panjang sungai utama. Selain itu, *recession limb* yang relatif panjang menunjukkan bahwa aliran bawah permukaan (*subsurface flow*) dan pelepasan air dari penyimpanan DAS masih berkontribusi terhadap debit sungai setelah hujan berhenti.

Metode HSS Limantara merupakan pendekatan empiris untuk memperkirakan respon hidrologi dalam suatu DAS berdasarkan karakteristik morfometri. Hasil yang diperoleh tergantung pada asumsi bahwa parameter morfometri tersebut mampu menggambarkan kondisi DAS yang diteliti. Selain itu, penelitian dilakukan pada DAS yang belum memiliki data debit pengukuran dari stasiun pengukur aliran sungai (SPAS) sehingga hidrograf yang dihasilkan belum dapat diverifikasi menggunakan hidrograf observasi. Ketidakpastian juga dapat berasal dari resolusi data DEM yang digunakan dan penyederhanaan kondisi fisik DAS yang belum sepenuhnya mempertimbangkan pengaruh dari karakteristik tanah, penggunaan lahan maupun curah hujan.

Dalam rangka meningkatkan kualitas hasil yang diperoleh, penelitian selanjutnya perlu melakukan validasi model menggunakan data hidrometri dari lapangan seperti tinggi muka air dan debit aliran pada beberapa titik pengamatan yang dapat mewakili masing-masing Sub DAS. Data observasi tersebut nantinya digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian debit puncak, waktu mencapai puncak dan bentuk hidrograf hasil dari simulasi menggunakan HSS Limantara dengan kondisi aktual di lapangan. Dengan adanya validasi tersebut, diharapkan parameterisasi HSS Limantara dapat disesuaikan dan dikembangkan sehingga menghasilkan perkiraan respon hidrologi yang lebih representatif.

4. KESIMPULAN

Bentuk hidrograf DAS Klawoguk memberikan gambaran bahwa karakteristik morfometri berperan penting dalam respon hidrologi suatu DAS. Keragaman luas DAS, panjang sungai utama, panjang sungai menuju titik berat DAS dan kemiringan sungai utama mempengaruhi kecepatan kenaikan debit, besarnya debit puncak, waktu mencapai puncak dan waktu resesi hidrograf. Semakin besar luas DAS dan semakin panjang sungai utama menghasilkan hidrograf lebih lebar dengan debit puncak yang tinggi. Sedangkan DAS dengan kemiringan sungai yang curam menghasilkan hidrograf lebih tajam dan respon aliran cepat. Karakteristik hidrograf juga menunjukkan jika DAS Klawoguk memiliki potensi limpasan permukaan cukup tinggi sehingga dapat meningkatkan resiko banjir pada saat hujan turun dengan intensitas tinggi. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pengelolaan DAS yang berkelanjutan untuk mengurangi potensi banjir terutama pada wilayah hilir yang menerima akumulasi aliran dari seluruh Sub DAS.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi atas dukungan dana penelitian melalui skema Hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP). Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada tim mahasiswa dari Teknik Sipil angkatan 2020 yang telah berkontribusi dalam pengumpulan data di lapangan.

REFERENCES

- Asfaha, T. G., Frankl, A., Haile, M., Zenebe, A., & Nyssen, J. (2015). Determinants of peak discharge in steep mountain catchments—Case of the Rift Valley escarpment of Northern Ethiopia. *Journal of Hydrology*, 529, 1725-1739. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.08.013>
- Beegam, N. S., & Arulraj, G. P. (2018). A review article on impact of urbanization on hydrological parameters. *Int J Civ Eng Technol*, 9(199-208), 199-208.
- Behera, A., & Rawat, K. S. (2023). Estimation of morphometric parameters of Talcher, Anugul using earth observation data. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.182>
- Bilous, L. F., Shyshchenco, P., Samoilenko, V., & Havrylenko, O. (2020, May). Spatial morphometric analysis of digital elevation model in landscape research. In *Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects 2020* (Vol. 2020, No. 1, pp. 1-5). European Association of Geoscientists & Engineers. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2020geo124>
- Chen, Q., Chen, H., Wang, J., Zhao, Y., Chen, J., & Xu, C. (2019). Impacts of climate change and land-use change on hydrological extremes in the Jinsha River Basin. *Water*, 11(7), 1398. <https://doi.org/10.3390/w11071398>
- Et-takaouy, C., Aqnouy, M., Chahid, M., Ennagre, K., Hilal, I., El Messari, J. E. S., & Tariq, A. (2026). Understanding Hydrological and Morphological Characteristics through Comparative Morphometric Analysis of the Loukkos and Martil Watersheds in Northern Morocco, from Atlantic to Mediterranean Outlets. In *Utilizing Earth Observation Data in Reaching Sustainable Development Goals* (pp. 119-144). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-30204-6.00005-X>
- 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. <http://doi.org/md.v12i>
- Farida, A., & Rusdi, A. (2024). 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). *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Journal of Watershed Management Research)*, 8(2), 131-148. <https://doi.org/10.59465/jppdas.2024.8.2.131-148>
- Garg, V., Nikam, B. R., Thakur, P. K., & Aggarwal, S. P. (2013). Assessment of the effect of slope on runoff potential of a watershed using NRCS-CN method. *International Journal of Hydrology Science and Technology*, 3(2), 141-159. <https://doi.org/10.1504/IJHST.2013.057626>
- Garzon, L. F. L., Johnson, M. F., Mount, N., & Gomez, H. (2023). Exploring the effects of catchment morphometry on overland flow response to extreme rainfall using a 2D hydraulic-hydrological model (IBER). *Journal of Hydrology*, 627, 130405. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.130405>
- Gudowicz, J., & Paluszkiwicz, R. (2021). Mat: Gis-based morphometry assessment tools for concave landforms. *Remote Sensing*, 13(14), 2810. <https://doi.org/10.3390/rs13142810>
- Hajika, T., Yamakawa, Y., & Uchida, T. (2024). Spatial distribution of rainfall–runoff characteristics and peak lag time in high-relief meso-scale mountain catchments where observations are scarce. *Hydrological Processes*, 38(6), e15177. <https://doi.org/10.1002/hyp.15177>

- Kristianto, A.B., Norken, I.M., Dharma, I.G.B.S. dan Yekti, M.I. 2019. Komparasi Model Hidrograf Satuan Terukur Dengan Hidrograf Satuan Sintetis (Studi Kasus DAS Tukad Pakerisan). *Jurnal Spektran*, 7(1), 21-31.
- Lemma, T. M., Gessesse, G. D., Kassa, A. K., & Edossa, D. C. (2018). Effect of spatial scale on runoff coefficient: Evidence from the Ethiopian highlands. *International Soil and Water Conservation Research*, 6(4), 289-296. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2018.08.002>
- Limantara, L. M., Suhartanto, E., & Priombodo, A. (2014). Representative synthetic unit hydrograph due to the rainfall station network. *International Journal of Applied Engineering Research*, 9(22), 12447-12465.
- Margini, N. F., Nusantara, D. A. D., & Ansori, M. B. (2017). Analisa hidrograf satuan sintetis Nakayasu dan ITB pada sub DAS Konto, Jawa Timur. *Jurnal Hidroteknik*, 2(1), 41-46.
- Mascandola, C., Luzi, L., Felicetta, C., & Pacor, F. (2021). A GIS procedure for the topographic classification of Italy, according to the seismic code provisions. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 148, 106848. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2021.106848>
- Mazivanhanga, C., Grabowski, R. C., Pérez-Sánchez, E., & Carballo-Cruz, V. R. (2024). Analysis of scaling relationships for flood parameters and peak discharge estimation in a tropical region. *Hydrology Research*, 55(2), 161-179. <https://doi.org/10.2166/nh.2024.111>
- Melsse, D. W., Tegegne, M. A., Mekonnen, Y. A., & Bihon, Y. T. (2025). Morphometric analysis for understanding river basin hydrology: a case of gelda watershed, Tana Sub-Basin, Ethiopia. *Applied Water Science*, 15(7), 171. <https://doi.org/10.1007/s13201-025-02526-x>
- Natakusumah, D., Harlan, D., & Hatmoko, W. (2012). A new synthetic unit hydrograph computation method based on the mass conservation principle. *WIT Transaction Ecol. Environ*, 27-38.
- Permatasari, R., Natakusumah, D. K., & Sabar, A. (2017). Determining peak discharge factor using synthetic unit hydrograph modelling (Case Study: Upper Komering South Sumatera, Indonesia). *Geomate Journal*, 13(36), 1-5.
- Saidah, H., Setiawan, A., Hanifah, L., Suroso, A., & Supriyadi, A. (2022). Unjuk Kerja Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu, ITB 2 Dan Limantara Untuk Daerah Aliran Sungai Berbentuk Memanjang. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 11(2), 157-165. <https://doi.org/10.22225/pd.11.2.5013.157-165>
- Salvi, S., Bobade, S., Tiwari, H., Ambad, S., Gaikwad, J., Rajput, P., & Zadbuke, A. (2025). Geoinformatics-Driven Analysis for Watershed Management: Focus on the Manjara River Basin. *Journal of Mines, Metals & Fuels*, 73(2). <https://doi.org/10.18311/jmmf/2025/47423>
- Shaikh, T. A., Adjovu, G. E., Stephen, H., & Ahmad, S. (2023, May). Impacts of urbanization on watershed hydrology and runoff water quality of a watershed: a review. In *World Environmental and Water Resources Congress 2023* (pp. 1271-1283). <https://doi.org/10.1061/9780784484852.116>
- Tola, S. Y., & Shetty, A. (2022). Flood susceptibility modeling based on morphometric parameters in Upper Awash River basin, Ethiopia using geospatial techniques. *Sustainable Water Resources Management*, 8(2), 49. <https://doi.org/10.1007/s40899-022-00642-z>
- Tunas, I. G. (2019). Performance of Flood Prediction Model in Tropical River Basin, Indonesia: A Synthetic Unit Hydrograph-based Evaluation. *Disaster Advances*, 12(6), 26-37.
- Tunas, I. G., Arafat, Y., & Herman, R. (2022, February). Performance quantification of flood hydrograph models based on catchment morphometry derived from 30 m SRTM DEM. In *AWAM International Conference on Civil Engineering* (pp. 511-521). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-6026-2_37
- Wijaya, W., Jatmika, D., & Mutakim, F. D. (2024). KARAKTERISTIK DAERAH ALIRAN SUNGAI KLAWOGUK DI KOTA SORONG, PAPUA BARAT DAYA. *Journal of Soil Science & Environment/Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 26(1). <https://doi.org/10.29244/jitl.26.1.1-11>

- Wisnulingga, B. K., & Harsanto, P. (2024, July). Direct Runoff Hydrograph Analysis Using Nakayasu and ITB-2 Methods in Upper Basin of Progo River. In *International Conference on Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering* (pp. 543-552). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-96-2143-9_57
- Yusuf, S. M., Nugroho, S. P., Effendi, H., Prayoga, G., Permadi, T., & Santoso, E. N. (2021, April). Surface runoff of Bekasi River subwatershed. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 744, No. 1, p. 012108). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/744/1/012108>