

## ANALISIS MORFOMETRI DAS KARANGAN KABUPATEN KUTAI TIMUR, MENGGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH DAN TEKNIK GIS

*(Morphometric Analysis of Karangan Watershed East Kutai Regency, Using  
Remote Sensing Data and GIS Techniques)*

**Joko Suryanto<sup>\*1)</sup>, Amrpin<sup>2)</sup>, Joko Krisbiyantoro<sup>3)</sup>, dan Anisum<sup>4)</sup>**

<sup>1\*)</sup> Program Studi Teknik Pertanian, Sekolah Tinggi Pertanian Kutai Timur, Indonesia

<sup>2,3,4)</sup> Program Studi Teknik Pertanian, Sekolah Tinggi Pertanian Kutai Timur, Indonesia

<sup>\*)</sup> email korespondensi: jokosuryanto@stiperkutim.ac.id

### ABSTRACT

*Watershed management requires information on the characteristics of the watershed, particularly its morphometric parameters. The Geographic Information System (GIS) techniques and remote sensing products such as the Digital Elevation Model (DEM) can be used in analysing watershed morphometric parameters. This research aims to determine the Karangan watershed's morphometric parameter divided into linear, areal, and relief aspects. The study uses Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) DEM data and GIS techniques to obtain morphometric parameters. The drainage network analysis obtained from SRTM DEM data extraction shows that the Karangan watershed has seven river orders with very low drainage density and fine drainage texture. The parameters of drainage density, drainage texture, infiltration number, and constant channel maintenance indicate that the watershed has low surface runoff, making it less susceptible to erosion. The parameters of low bifurcation ratio and high elongation ratio suggest that the shape of the watershed is circular, with the characteristic rainfall quickly concentrated into stream flow. The hypsometric integral value revealed that the Karangan watershed is in the mature geomorphological development phase and dominated by fluvial landforms.*

**Keywords:** GIS technique, Morphometric, Karangan Watershed, SRTM DEM, Watershed Management.

### PENDAHULUAN

Pengelolaan DAS membutuhkan informasi karakteristik DAS, baik karakteristik statis maupun dinamis, salah satu karakteristik statis DAS adalah morfometri DAS (Ditjen BPDAS-PS, 2013). Morfometri adalah deskripsi kuantitatif dan analisis matematis terhadap konfigurasi permukaan bumi dan bentuk dan dimensi dari bentuk lahan. Parameter morfometri DAS sangat penting dalam perencanaan DAS, karena parameter tersebut dapat memberikan informasi proses hidrologi, kelerengan, topografi, kualitas tanah, karakteristik aliran permukaan, potensi air permukaan, infiltrasi, erosi, transport

sedimen, dan identifikasi wilayah rentan banjir (Chandrashekar et al., 2015; Sreelakshmy et al., 2023; Rahman & Upaul, 2023; Shekar & Mathew, 2024).

Parameter morfometri DAS dapat dikelompokkan menjadi 3 aspek yang merepresentasikan dimensi parameter yaitu, aspek linier (1 dimensi), aspek areal (2 dimensi) dan aspek relief (3 dimensi). Aspek linier terdiri atas orde sungai, panjang sungai, jumlah sungai dan rasio percabangan sungai. Aspek areal terdiri atas panjang aliran permukaan, densitas aliran dan bentuk DAS, sedangkan aspek relief terdiri dari relief DAS, rasio relief, angka kekasaran DAS, rasio

kemiringan DAS, kemiringan DAS, dan rasio relatif (Kabite & Gessesse, 2018).

Parameter morfometri dapat diperoleh secara konvensional yaitu menggunakan peta topografi maupun survey lapangan, namun metode tersebut membutuhkan waktu yang lama, dan dikerjakan dalam format non-digital (Shekar & Mathew, 2024). Dalam perkembangannya, saat ini analisis morfometri sudah dapat menggunakan teknologi Geographic Information System (GIS) dan penginderaan jauh menggunakan citra satelit secara efektif (Tassew et al., 2021). Teknik GIS membantu dalam analisis spasial dalam menginterpretasikan hubungan yang kompleks antara bentang alam, faktor hidrologi dan faktor lingkungan (Shekar & Mathew, 2024).

Keuntungan data Digital Elevation Model (DEM) sebagai salah satu produk dari teknologi penginderaan jauh sebagai data input dalam analisis morfometri DAS antara lain cepat, tepat, update dan murah, sedangkan teknik GIS menyediakan metode manipulasi informasi spasial (Godif & Manjunatha, 2022). Penggunaan data penginderaan jauh dan teknik GIS sangat efektif dalam analisis morfometri DAS yang dapat membantu untuk memahami perkembangan DAS, perbandingan karakteristik DAS, pengelolaan air, dan identifikasi resiko banjir. Data DEM yang digunakan oleh beberapa peneliti dalam analisis morfometri DAS di antaranya Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) resolusi 30 m, Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) resolusi 30 m, dan Advanced Land Observing Satellite (ALOS) resolusi 30 m. Semakin tinggi resolusi data DEM, akan menghasilkan akurasi yang lebih tinggi melalui peningkatan presisi pada proses deliniasi terutama pada jaringan aliran permukaan (Shekar & Mathew, 2024). DEM SRTM lebih unggul dibandingkan dengan DEM ASTER karena DEM ASTER masih terdapat eror sistematis dan sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca (Kabite & Gessesse, 2018). DEM SRTM juga lebih akurat dibandingkan DEM ASTER dan DEM

ALOS PALSAR (Chowdhury, 2024). Penelitian sebelumnya telah banyak menggunakan data DEM SRTM untuk analisis morfometri DAS, di antaranya oleh Bharath et al., 2021; Godif & Manjunatha, 2022; Saha et al., 2022; Yawar et al., 2023; Kamaraj et al., 2024.

DAS Karangan merupakan salah satu dari 4 DAS besar di Kabupaten Kutai Timur, terletak di daerah beriklim tropis basah dengan curah hujan tahunan kelas sedang dengan rerata 2,233 mm/tahun (data CHIRPS).

### **Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian adalah untuk memperoleh karakteristik DAS Karangan berupa parameter morfometri yang meliputi aspek linier, aspek areal, dan aspek relief menggunakan data Digital Elevation Model Shuttle Radar Topography Mission (DEM SRTM) dan teknik Geographic Information System (GIS). Hasil parameter morfometri DAS Karangan diharapkan dapat menjadi landasan dalam perumusan strategi pengelolaan DAS yang berkelanjutan dan menjadi acuan awal untuk penelitian-penelitian berikutnya di DAS Karangan.

## **METODOLOGI PENELITIAN**

### **Alat**

Alat yang digunakan dalam penelitian berupa program komputer di antaranya Arc Map 10.8, dan Microsoft Excel.

### **Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian berupa data DEM SRTM resolusi spasial 30 m yang diunduh dari website <https://earthexplorer.usgs.gov/>, peta DAS Karangan diperoleh dari BPDAS-HL Mahakam - Berau, peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Kabupaten Kutai Timur dan Berau skala 50.000 dari Badan Informasi Geospasial (BIG) yang diunduh pada website <https://www.indonesia-geospasial.com/>.

### **Prosedur Penelitian**

Data DEM SRTM resolusi 30 m digunakan untuk proses deliniasi DAS

Karangan dan ekstraksi jaringan sungai di DAS Karangan menggunakan program Arc Map 10.8. Tahapan penelitian terdiri atas:

1. Deliniasi DAS

Tahap deliniasi DAS bertujuan untuk memperoleh batas DAS dalam format data vektor. Tahapan yang dilakukan dalam deliniasi DAS antara lain: *Fill, Flow Direction, dan Flow Accumulation, Pour Point, dan Watershed Delineation* (Basin & Bogale, 2021; Shekar & Mathew, 2024).

2. Ekstraksi jaringan sungai

Tahap ekstraksi jaringan sungai meliputi proses *Fill, Flow Direction, dan Flow Accumulation, Flow Accumulation Threshold, Stream Oder, dan Stream to Feature* menggunakan tool hydrology pada Arc GIS kecuali proses Flow accumulation threshold yang menggunakan tool *raster calculator*. Nilai threshold pada akumulasi aliran sangat menentukan tingkat kesesuaian antara jaringan sungai yang diperoleh dari proses ekstraksi data DEM SRTM dengan jaringan sungai sebenarnya (Bharath et al., 2021), semakin tinggi nilai *threshold*, maka jumlah jaringan sungai semakin sedikit (Singh et al., 2021; Raja et al., 2023). Nilai threshold ditentukan dengan cara membandingkan secara visual antara *flow accumulation* dengan kondisi

*threshold* dengan jaringan sungai RBI skala 50,000 (LN 50k). Nilai *threshold* diperoleh 6000 karena secara visual akumulasi aliran paling sesuai dengan jaringan sungai RBI.

3. Estimasi nilai parameter morfometri

Analisis morfometri DAS Karangan dilakukan dengan membagi parameter morfometri menjadi 3 aspek (Tabel 1), yaitu 1) aspek linier: jumlah sungai (Nu), panjang sungai (Lu), rerata panjang sungai (Lsm), rasio panjang sungai (Rl), rasio percabangan sungai (Rb), rerata rasio percabangan sungai (Rbm). 2) aspek areal: kerapatan aliran (Dd), koefisien rho ( $\rho$ ), dan panjang aliran permukaan (Lo), rasio elongasi (Re), tekstur aliran (Dt), frekuensi aliran (Fs), rasio kebulatan (Rc), faktor bentuk (Ff), koefisien kepadatan (Cc), dan konstanta pemeliharaan saluran (Cm). 3) aspek relief: relief DAS (R), rasio relief (Rh), angka ketidakdataran (Rn), rasio kemiringan DAS (Rg), dan Hypsometric integral (Hi).

4. Analisa data

Hasil parameter morfometri DAS Karangan yang meliputi aspek linier, aspek areal, dan aspek relief diklasifikasikan berdasarkan kelas yang diperoleh dari beberapa literatur untuk memperoleh karakteristik morfometri DAS Karangan.

**Tabel 1.** Persamaan Digunakan Menghitung Parameter Morfometri.

No	Parameter	Metode	Unit	Referensi
1	Luas DAS (A)	Analisis <i>software</i> ArcGIS	km <sup>2</sup>	
2	Keliling DAS (P)	Analisis <i>software</i> ArcGIS	km	
3	Panjang DAS (Lb)	Analisis <i>software</i> ArcGIS	km	
<b>Parameter Linier DAS</b>				
4	Jumlah sungai (Nu)	Analisis <i>software</i> ArcGIS	-	
5	Orde sungai (u)	Analisis <i>software</i> ArcGIS	-	
6	Panjang sungai (Lu)	Analisis <i>software</i> ArcGIS	km	
7	Rerata panjang sungai (Lsm)	$Lsm = (\sum Lu) / Nu$	km	(Rahman & Upaul, 2023)
8	Rasio panjang sungai (Rl)	$Rl = Lu / Lu - 1$	-	(Horton, 1945)
9	Rerata rasio panjang sungai (Rlm)	$Rlm = (\sum Luk) / Nk$	-	(Rahman & Upaul, 2023)
10	Rasio percabangan sungai (Rb)	$Rb = Nu / Nu + 1$	-	(Schuumm, 1956)
11	Rerata rasio percabangan (Rbm)	$Rbm = (\sum Rb) / Nk$	-	(Rahman & Upaul, 2023)
<b>Parameter Areal DAS</b>				
12	Kerapatan aliran (Dd)	$Dd = Lu / A$	km <sup>-1</sup>	(Horton, 1932)
13	Tekstur aliran (Dt)	$Dt = Nu / P$	km <sup>-1</sup>	(Horton, 1945)
14	Frekuensi aliran (Fs)	$Fs = Nu / A$	km <sup>-2</sup>	(Horton, 1932)
15	Jumlah infiltrasi (If)	$If = Dd * Fs$	km <sup>-3</sup>	(Pareta & Pareta, 2011)
16	Rasio elongasi (Re)	$Re = (2 / Lb) * (A / \pi)^{0.5}$	-	(Schuumm, 1956)
17	Faktor bentuk (Ff)	$Ff = A / Lb^2$	-	(Horton, 1932)
18	Rasio kebulatan (Rc)	$Rc = 4\pi A / P^2$	-	(Sreedevi et al., 2009)
19	Koefisien kepadatan (Cc)	$Cc = P / 2 * \sqrt{\pi * A}$	-	(Horton, 1932)
20	Koefisien rho ( $\rho$ )	$\rho = Rl / Rb$	-	(Horton, 1945)

21	Konstanta pemeliharaan saluran (Cm)	$Cm = 1/Dd$	km	(Horton, 1945)
22	Panjang aliran permukaan (Lo)	$Lo = 1/(2 * Dd)$	km	(Horton, 1945)
<b>Parameter Relief DAS</b>				
23	Relief DAS (R)	$R = Z - z$	m	(Schuumm, 1956)
24	Rasio Relief (Rh)	$Rh = R/Lb$	-	(Schuumm, 1956)
25	Angka ketidakdataran (Rn)	$Rn = Dd * R/1000$	-	(Schuumm, 1956)
26	Rasio kemiringan DAS (Rg)	$Rg = (Es - Em)/Lb$	m/km	(Sreedevi et al., 2009)
27	Integral Hypsometric (Hi)	$Hi = Z_{mean} - Z_{min} / Z_{max} - Z_{min}$	-	(Pike & Wilson, 1971)
28	Rerata slope (Sm)	$Sm = (D * \sum l) / A$	-	(Horton, 1945)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Morfometri Parameter Linier

Hasil analisis morfometri DAS Karangan diperoleh nilai parameter linier meliputi jumlah orde sungai (u), panjang sungai (Lu), rasio panjang sungai (Rl), rasio percabangan sungai (Rb), dan nilai reratanya yang diperlihatkan pada Tabel 2.

Orde sungai dapat mencerminkan karakteristik sebuah DAS (Sarkar et al., 2020) hasil morfometri DAS Karangan diperoleh 7 orde sungai dengan jumlah total segmen sungai sebanyak 4,922 dengan panjang total 5,636.7 km (Gambar 1).

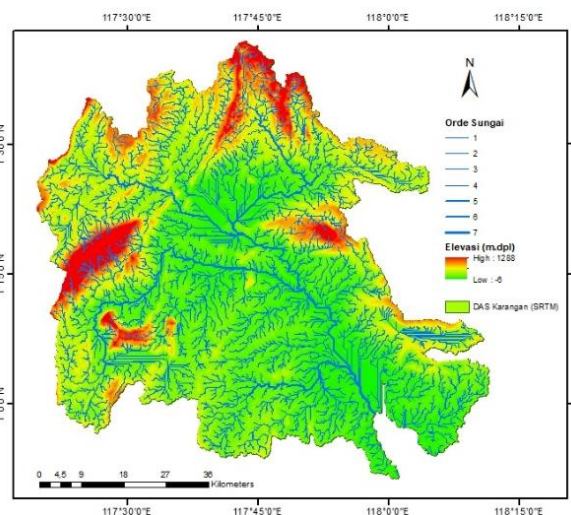
Orde sungai 1 mempunyai jumlah terbanyak yakni 50.4 %. Sungai orde 1 biasanya terjadi aliran hanya pada saat kondisi basah (Tassew et al., 2021). Banyaknya jumlah segmen sungai pada suatu DAS merupakan indikasi bahwa topografi suatu DAS masih mengalami erosi, semakin sedikit jumlah segmen sungai mengindikasikan bahwa topografi berada pada tingkat dewasa (Pande & Moharir, 2017).

**Tabel 2.** Hasil Parameter Morfometri Aspek Linier DAS Karangan

Orde Sungai	Jumlah segmen sungai	Panjang segmen sungai (km)	Rerata panjang sungai (km)	Rasio percabangan (Rb)	Rasio panjang sungai (Rl)
1	2480	2910.6	1.17	2.05	-
2	1212	1434.0	1.18	1.79	0.99
3	676	705.0	1.04	2.35	1.13
4	288	318.0	1.10	1.62	0.94
5	178	173.7	0.98	2.44	1.13
6	73	83.5	1.14	4.87	0.85
7	15	11.8	0.79	-	1.45
	4922	5636.7	1.06	2.52	1.08

meningkatnya orde sungai. Jumlah segmen sungai orde 1 mencapai 2,489, sedangkan jumlah segmen sungai pada orde 7 sebanyak 15. Jumlah segmen sungai tersebut turun secara eksponensial terhadap peningkatan orde sungai seperti terlihat pada Gambar 2.

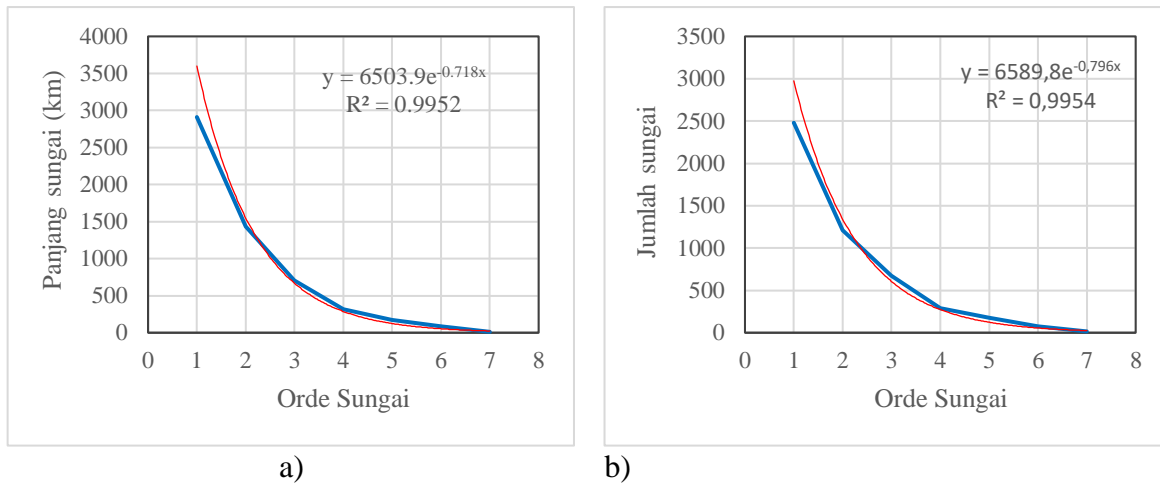
Rerata panjang sungai (Lsm) bervariasi antara 0.79 – 1.18 dengan nilai rerata 1.06 km.



**Gambar 1.** Orde sungai dan elevasi DAS Karangan.

Jumlah segmen sungai (Nu) sangat bergantung pada jenis tanah, vegetasi, geologi, curah hujan, dan kemiringan (Jha et al., 2022). Tabel 2 memperlihatkan bahwa jumlah segmen sungai turun seiring dengan

Tabel 2 memperlihatkan bahwa rata-rata panjang sungai semakin pendek sebanding dengan peningkatan orde sungai. Nilai Lsm sangat bergantung pada ukuran dan topografi DAS, sehingga nilainya sangat bervariasi untuk setiap DAS (Jha et al., 2022).



Gambar 2. a) grafik hubungan antara orde sungai dengan panjang sungai (km), b) grafik hubungan antara orde sungai dengan jumlah sungai.

Rasio percabangan sungai (Rb) mengindikasikan bentuk dan perilaku run off suatu DAS. DAS dengan nilai Rb yang rendah cenderung berbentuk bulat, sedangkan nilai Rb yang tinggi maka DAS cenderung memanjang. Nilai Rb DAS Karanganyan mempunyai rentang nilai 1.62 – 4.87 dengan nilai rata-rata 2.52, nilai rata-rata Rb < 5.0 sehingga termasuk kategori rendah (Khan et al., 2021). Nilai Rb yang rendah tersebut diartikan bahwa DAS Karanganyan cenderung berbentuk bulat (Shekar & Mathew, 2024) dengan pola aliran yang tidak ditentukan oleh struktur geologi DAS (Çadraku, 2022) dan jaringan sungai belum mengalami kerusakan (Mani et al., 2022).

### Analisis Morfometri Parameter Areal

Parameter morfometri aspek areal terdiri atas kerapatan aliran (Dd), tekstur aliran (Dt), frekuensi aliran (Fs), jumlah infiltrasi (If), rasio elongasi (Re), faktor bentuk (Rf), rasio kebulatan (Rc), koefisien kepadatan (Cc), konstanta pemeliharaan saluran (Cm), dan panjang aliran permukaan (Lo). Nilai parameter aspek areal DAS Karanganyan tersebut diperlihatkan pada Tabel 3.

Kerapatan aliran (Dd) adalah perbandingan antara panjang sungai total (km) dengan luas DAS (km<sup>2</sup>). Kerapatan aliran merupakan ukuran kesetimbangan antara tingkat erosi aliran permukaan dengan

**Tabel 3.** Hasil Parameter Morfometri Aspek Areal DAS Karanganyan

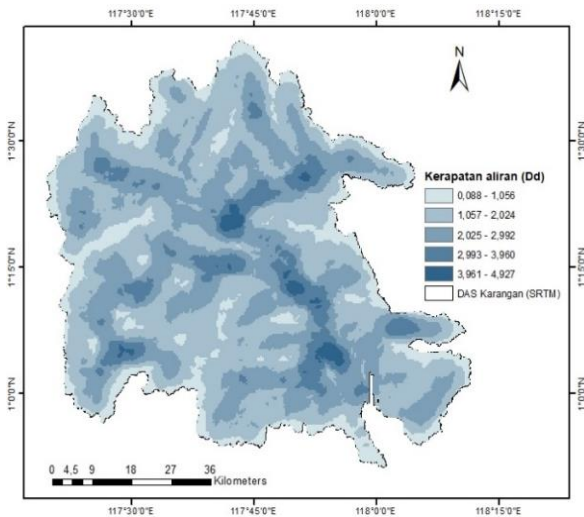
No	Parameter	Nilai	Klasifikasi
1	Kerapatan aliran (Dd)	1.06	Sangat rendah
2	Tekstur aliran (Dt)	7.28	sangat kasar
3	Frekuensi aliran (Fs)	0.92	sangat halus
4	Jumlah infiltrasi (If)	0.98	rendah
5	Rasio Elongasi (Re)	0.90	oval
6	Faktor bentuk (Rf)	0.63	memanjang
7	Rasio kebulatan (Rc)	0.15	sangat rendah
8	Koefisien kepadatan (Cc)	2.61	memanjang
9	Koefisien rho (ρ)	0.45	rendah
10	Konstanta pemeliharaan saluran (Cm)	0.95	tinggi
11	Panjang aliran permukaan (Lo)	0.47	tinggi

resistensi permukaan tanah dan batuan. Faktor yang mempengaruhi nilai kerapatan aliran di antaranya lithologi, topografi, iklim kapasitas infiltrasi tanah dan vegetasi penutup. Jika lithologi kurang permeabel, maka kerapatan

aliran cenderung tinggi (Tassew et al., 2021). Nilai Dd dapat dikelompokkan ke dalam 5 kelas (Chandrashekar et al., 2015) yaitu sangat kasar (Dd < 1.24), kasar (1.24 – 2.49), menengah (2.49 – 3.73), halus (3.73 – 4.97),



sangat halus ( $D_d > 4.97$ ). DAS Karangan mempunyai nilai  $D_d$  antara  $0.088 - 4.927 \text{ km/km}^2$  (Gambar 4) dengan nilai  $D_d$  total sebesar  $1.06 \text{ km/km}^2$ , yang termasuk ke dalam kelas kasar (sangat rendah). Nilai  $D_d$  yang rendah menunjukkan bahwa wilayah DAS Karangan mempunyai lapisan permukaan yang permeabel sehingga kapasitas infiltrasi akan tinggi, yang berdampak pada aliran permukaan dan erosi potensial yang rendah.



Gambar 4. Distribusi densitas aliran DAS Karangan

Tekstur aliran ( $D_t$ ) adalah perbandingan antara jumlah segmen sungai dengan keliling DAS, semakin tinggi nilai  $D_t$  maka DAS semakin berpotensi untuk tererosi (Basin & Bogale, 2021). Tekstur aliran suatu DAS ditentukan oleh faktor iklim, relief, struktur geologi, kapasitas infiltrasi, tipe tanah dan vegetasi penutup (Sarkar et al., 2020). Nilai  $D_t$  dikelompokkan ke dalam 5 kelas, yaitu: sangat kasar ( $D_t < 2$ ), kasar ( $2 - 4$ ), menengah ( $4 - 6$ ), halus ( $6 - 8$ ), dan sangat halus ( $D_t > 8$ ) (Soni, 2017). Hasil analisis morfometri diperoleh bahwa DAS Karangan mempunyai nilai  $D_t$  7.26 per km termasuk ke dalam kelas halus.

Frekuensi aliran ( $F_s$ ) merupakan perbandingan antara jumlah segmen sungai dengan luas DAS. Curah hujan dan slope yang tinggi akan meningkatkan nilai  $F_s$ , dan sebaliknya. Nilai  $F_s$  yang rendah mengindikasikan bahwa jaringan sungai suatu DAS jumlahnya sedikit atau pun terdistribusi secara menyebar dan menunjukkan tingkat aktivitas hidrologis yang rendah (Shekar &

Mathew, 2024). Tassew et al., (2021) membagi nilai  $F_s$  menjadi 2, yaitu rendah ( $F_s < 3$ ) dan tinggi ( $F_s > 3$ ), sedangkan Shekar & Mathew, (2024) membagi frekuensi aliran ke dalam 5 kelas, yaitu rendah ( $0 - 5$ ), sedang ( $5 - 10$ ), cukup tinggi ( $10 - 15$ ), tinggi ( $15 - 20$ ), sangat tinggi ( $20 - 25$ ). Nilai  $F_s$  DAS Karangan diperoleh 0.92 per  $\text{km}^2$  dan termasuk ke dalam kelas sangat rendah yang mengindikasikan bahwa DAS mempunyai lapisan geologi yang permeabel dan slope yang rendah, dan tingkat aktivitas hidrologis yang rendah.

Jumlah infiltrasi ( $I_f$ ) merupakan parameter untuk mengestimasi laju infiltrasi dan intensitas aliran run off suatu DAS (Saha et al., 2022). Jumlah infiltrasi berkorelasi negatif dengan laju infiltrasi, dan berkorelasi positif dengan aliran run off (Chowdhury, 2024). Jumlah infiltrasi suatu DAS yang rendah menunjukkan laju infiltrasi yang tinggi dan aliran run off yang rendah, dan sebaliknya. Hasil analisis parameter morfometri DAS Karangan diperoleh jumlah infiltrasi sebesar 0.98 yang termasuk dalam kategori rendah (Sreelakshmy et al., 2023). Berdasarkan nilai  $I_f$  yang rendah tersebut, maka dapat diidentifikasi bahwa DAS Karangan mempunyai jumlah laju infiltrasi yang tinggi dan aliran run off yang rendah.

Rasio Elongasi ( $R_e$ ) merupakan indikator bentuk DAS yang didefinisikan sebagai perbandingan antara diameter lingkaran yang mempunyai luas yang sama dengan luas DAS dengan panjang DAS maksimum. Kamaraj et al., (2024) membagi nilai rasio elongasi ke dalam 5 kelas, yaitu: bulat ( $R_c > 0.9$ ), oval ( $0.8 - 0.9$ ), sedikit memanjang ( $0.7 - 0.8$ ), memanjang ( $0.7 - 0.5$ ) dan sangat memanjang ( $R_e < 0.5$ ). Rasio elongasi DAS Karangan diperoleh 0.9, sehingga DAS Karangan cenderung berbentuk elips, mendekati bentuk bulat. DAS yang berbentuk bulat, maka curah hujan akan lebih cepat terkonsentrasi menuju outlet, kapasitas infiltrasi yang rendah dan aliran permukaan yang cepat (Sarkar et al., 2020). Faktor bentuk ( $R_f$ ) DAS Karangan sebesar 0.63 yang termasuk ke dalam kategori tinggi, sehingga DAS Karangan mempunyai bentuk yang mendekati bulat dengan durasi aliran

permukaan yang cepat dan debit puncak yang tinggi (Mahala, 2020).

Rasio kebulatan ( $R_c$ ) merupakan pendekatan kuantitatif untuk mengamati bentuk DAS. Das Karanganyang mempunyai nilai  $R_c$  0.15, yang menunjukkan bahwa DAS Karanganyang bersifat memanjang dengan lapisan geomorfologi yang bersifat homogen dan permeabel. Nilai  $R_c$  yang rendah juga menunjukkan bahwa perkembangan DAS Karanganyang dalam fase muda dengan ciri rentan terhadap erosi namun kurang rentan terhadap banjir (Basin & Bogale, 2021), masih terdapat permukaan lahan yang tinggi, dan banyak berupa bentuk asli.

Koefisien kepadatan ( $C_c$ ) adalah perbandingan antara keliling DAS dengan keliling lingkaran dengan luas yang sama. DAS berbentuk bulat sempurna apabila nilai  $C_c = 1$  (Arefin et al., 2020; Kant et al., 2023; Kamaraj et al., 2024). Nilai  $C_c$  Das Karanganyang diperoleh 2.61 yang mengindikasikan DAS Karanganyang mempunyai bentuk memanjang.

Koefisien  $\rho$  ( $\rho$ ) merupakan perbandingan antara rasio panjang sungai ( $R_l$ ) dengan rasio percabangan sungai ( $R_b$ ). DAS dengan koefisien  $\rho$  yang tinggi menunjukkan DAS mempunyai penyimpanan hidrologis yang tinggi pada periode banjir, dan mampu mengurangi dampak erosi (Rahman & Upaul, 2023). Soni (2017) membagi nilai koefisien  $\rho$  menjadi 2 kategori, yaitu rendah  $\rho < 0.5$  dan tinggi  $\rho > 0.5$ . Hasil analisis DAS Karanganyang diperoleh nilai koefisien  $\rho$  antara 0.18 – 0.58 dengan nilai rata-rata sebesar 0.43 yang termasuk ke dalam kategori rendah. Berdasarkan nilai koefisien  $\rho$  maka DAS Karanganyang berpotensi banjir pada saat curah hujan tinggi karena kapasitas simpanan hidrologis DAS yang rendah.

Konstanta pemeliharaan saluran ( $C_m$ ) dikelompokkan menjadi 5 kelas berdasarkan kemudahan tererosinya suatu DAS (Singh et al., 2021), yaitu sangat mudah tererosi ( $C_m < 0.2$ ), cukup mudah tererosi (0.2 – 0.3), kemudahan tererosi rendah (0.3 – 0.4), kemudahan tererosi sedikit (0.4 – 0.5) dan kemudahan tererosi sangat sedikit ( $C_m > 0.5$ ). Nilai  $C_m$  DAS Karanganyang diperoleh 0.95 sehingga termasuk dalam kelas tidak mudah tererosi.

Panjang aliran permukaan ( $L_o$ ) merupakan parameter morfometri DAS yang berkaitan dengan aliran run off dan infiltrasi. Chandrashekar et al., (2015) membagi nilai  $L_o$  ke dalam 3 kelas yaitu rendah dengan  $L_o < 0.2$  km/km<sup>2</sup>, moderat nilai  $L_o$  0.2 – 0.3 km/km<sup>2</sup>, dan tinggi dengan nilai  $L_o > 0.3$  km/km<sup>2</sup>. Nilai  $L_o$  DAS Karanganyang sebesar 0.47 km/km<sup>2</sup>, sehingga termasuk ke dalam kelas tinggi dengan aliran permukaan yang rendah karena membutuhkan waktu yang lama untuk mencapai sungai dan sudah tereduksi oleh proses infiltrasi.

### Analisis Morfometri Parameter Relief

Beberapa parameter morfometri aspek relief yang penting untuk mengetahui tingkat perkembangan geomorfologi DAS, pengikisan tanah oleh erosi, dan arah aliran air diantaranya total relief ( $R$ ), rasio relief ( $R_h$ ), rasio kemiringan ( $R_g$ ), Ruggedness number ( $R_n$ ), Hypsometric integral ( $H_i$ ), dan rerata slope DAS ( $S_m$ ). Nilai karakteristik aspek relief DAS Karanganyang disajikan dalam Tabel 4.

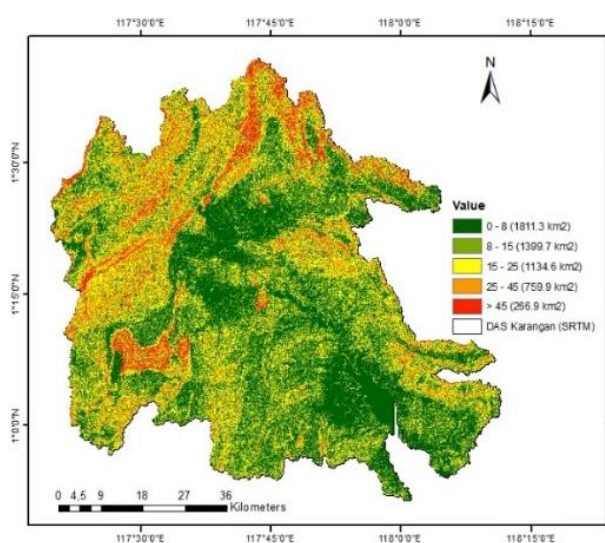
Total relief DAS ( $R$ ) merupakan selisih antara elevasi maksimum terhadap elevasi minimum permukaan DAS yang menunjukkan tingkat kecuraman topografi (Kabite & Gessesse, 2018). DAS Karanganyang mempunyai elevasi maksimum 1,284 m dan elevasi minimum -6.0 m, sehingga diperoleh relief DAS sebesar 1,290 m. Elevasi minimum bernilai negatif hal ini dikarenakan wilayah muara sungai yang merupakan genangan air masuk ke dalam wilayah DAS Karanganyang. Hasil analisis DEM SRTM diperoleh panjang DAS Karanganyang sebesar 92.1 km, dengan ketinggian sumber aliran 690 m dan ketinggian titik outlet adalah 0 m, maka diperoleh rasio kemiringan DAS ( $R_g$ ) 7.49 m/km. Nilai rasio kemiringan DAS merupakan indikator nilai kemiringan sungai yang dapat digunakan untuk estimasi volume aliran permukaan.

Nilai rasio kemiringan DAS merupakan indikator nilai kemiringan sungai yang dapat digunakan untuk estimasi volume aliran permukaan. Nilai total relief dan rasio kemiringan yang tinggi akan menghasilkan volume aliran permukaan yang tinggi dan berpotensi untuk terjadinya erosi.

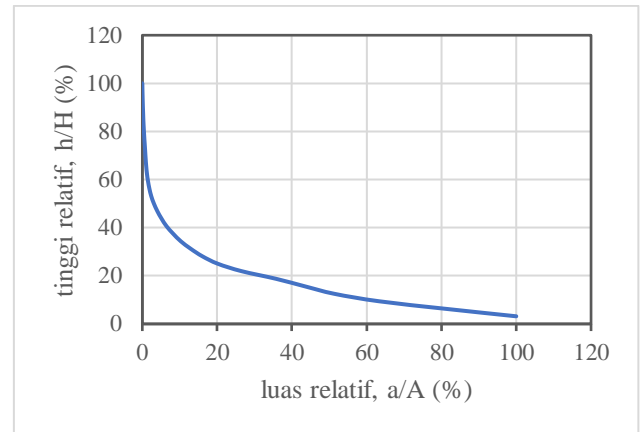
**Tabel 4.** Hasil Parameter Morfometri Aspek Relief DAS Karangany

No	Parameter	Nilai	Klasifikasi
1	Tinggi maksimum	1284.0	-
2	Tinggi minimum	-6.0	-
3	Total relief (R)	1290.0	-
4	Rasio relief (Rh)	0.014	rendah
5	Rasio kemiringan (Rg)	7.49	tinggi
6	Ruggedness number (Rn)	1.36	tinggi
7	Hypsometric integral (Hi)	0.48	sedang
8	Rerata slope DAS (Sm)	0.163	tinggi

Kelerengan merupakan faktor pendorong utama tingginya aliran permukaan dan potensi erosi, terutama pada DAS yang terdiri dari batuan dengan kapasitas infiltrasi yang rendah (Saha et al., 2022). Analisis rata-rata slope (Sm) berdasarkan data DEM SRTM di DAS Karangany diperoleh tingkat kelerengan yang tinggi yaitu 16.3 %, sehingga DAS Karangany mempunyai potensi erosi yang tinggi dan laju aliran permukaan yang besar. Gambar 4. memperlihatkan nilai kelerengan DAS berdasarkan luas DAS dengan presentase tertinggi adalah kelerengan antara 0 - 8 % yaitu mencapai 34.0 %, sedangkan luas kelas kelerengan > 45 % hanya 4.3 %.



**Gambar 4.** Slope DAS Karangany dan cakupan luas wilayah



**Gambar 5.** Kurva Hypsometric jaringan aliran DAS Karangany.

Rasio relief (Rh) adalah perbandingan antara total relief dengan jarak horizontal terpanjang DAS yang sejajar dengan sungai utama. Nilai Rh merepresentasikan tingkat resiko erosi, tingkat bahaya banjir, dan mekanisme pengangkutan sedimen oleh kelerengan lahan pada DAS (Kamaraj et al., 2024), semakin tinggi nilai Rh maka tingkat resiko erosi juga semakin besar (Godif & Manjunatha, 2022). DAS Karangany mempunyai nilai Rh sebesar 0.014 (Tabel 4). Nilai Rh DAS Karangany termasuk kategori rendah (Soni, 2017) dengan nilai  $Rh < 0.1$ , hal ini menunjukkan bahwa DAS Karangany mempunyai kemiringan yang landai dengan tingkat resiko erosi yang rendah.

Ruggedness number (Rn) merupakan parameter tingkat kekasaran DAS yang ditentukan oleh kecuraman dan panjang kelerengan. Indeks Ruggedness tinggi apabila permukaan DAS mempunyai kelerengan yang curam dan juga panjang (Abro, 2023). Nilai Rn DAS Karangany diperoleh sebesar 1.36 dan termasuk kategori tinggi. Nilai Rn tersebut menunjukkan bahwa DAS Karangany mempunyai topografi yang kasar dengan densitas aliran yang tinggi, kelerengan curam, sehingga rentan terhadap banjir bandang dan rawan terhadap erosi.

Hypsometric integral (Hi) merupakan parameter morfometri DAS yang dapat digunakan untuk memperkirakan perkembangan geomorfologi dan kerentanan DAS terhadap erosi (Godif & Manjunatha,



2022). Klasifikasi perkembangan geomorfologi berdasarkan nilai  $H_i$  yaitu; perkembangan geomorfologi fase muda ( $H_i \leq 0.3$ ), fase dewasa ( $0.3 - 0.6$ ), dan fase tua ( $H_i \geq 0.6$ ). Semakin tinggi nilai  $H_i$ , maka DAS semakin rentan terhadap erosi. Hasil analisis DAS Karangany diperoleh nilai  $H_i$  0.48, sehingga DAS Karangany termasuk ke dalam perkembangan geomorfologi fase dewasa. Kurva hypsometric (Gambar 5) mempunyai bentuk cekung ke atas, hal ini menunjukkan bahwa DAS Karangany didominasi oleh bentuk lahan fluvial dimana pengaruh aliran air, baik aliran sungai maupun aliran permukaan berperan dalam proses sedimentasi.

### KESIMPULAN

Hasil ekstraksi data DEM SRTM, DAS Karangany memiliki 7 orde sungai, rata-rata percabangan sungai ( $R_b$ ) yang rendah yaitu 2.52, panjang aliran permukaan ( $L_o$ ) termasuk tinggi yaitu 0.47 km, dan nilai koefisien  $\rho$  yang rendah yaitu 0.43. Analisis parameter areal diperoleh nilai kerapatan aliran ( $D_d$ ) sangat rendah ( $1.06 \text{ km}^{-1}$ ) dan frekuensi aliran ( $F_s$ ) yang sangat halus  $0.92 \text{ km}^{-2}$ , menunjukkan DAS Karangany mempunyai lapisan yang permeabel, laju infiltrasi yang tinggi dengan jumlah infiltrasi ( $I_f$ ) rendah yaitu  $0.98 \text{ km}^{-3}$ . Nilai tekstur aliran ( $D_t$ ) termasuk halus yaitu 7.28 dan rasio kebulatan ( $R_c$ ) yang rendah yaitu 0.15, sehingga DAS Karangany rentan terhadap erosi. Bentuk DAS Karangany berdasarkan nilai parameter rasio elongasi ( $R_e$ ) dan faktor bentuk ( $R_f$ ) cenderung berbentuk oval dengan nilai  $R_e$  0.90 dan  $R_f$  sebesar 0.63, namun berdasarkan nilai rasio kebulatan ( $R_c$ ) dan koefisien kepadatan ( $C_c$ ) cenderung memanjang dengan nilai  $R_c$  0.15 dan  $C_c$  2.61. Nilai konstanta pemeliharaan saluran ( $C_m$ ) sebesar 0.95 menunjukkan bahwa DAS Karangany termasuk ke dalam kelas tidak mudah tererosi.

Analisis morfometri aspek relief diperoleh bahwa DAS Karangany mempunyai total relief ( $R$ ) sebesar 1290 m, dengan nilai rerata kemiringan sebesar ( $S_m$ ) 16.3 % dan rasio kemiringan DAS ( $R_g$ ) 7.49 m/km. Nilai integral hypsometric ( $H_i$ ) diperoleh 0.48 yang menunjukkan bahwa DAS Karangany dalam fase perkembangan geomorfologi dewasa.

Nilai kekasaran DAS ( $R_n$ ) termasuk tinggi yaitu 1.36 sehingga DAS Karangany rentan terhadap bahaya banjir dan erosi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abro, T. (2023). Morphometric Characterization of Gelana Watershed, Awash River Basin, Ethiopia. *Jordan Journal of Earth and Environmental Sciences*, 14(1), 1–8.
- Arefin, R., Mohir, M. M. I., & Alam, J. (2020). Watershed Prioritization for Soil and Water Conservation Aspect using GIS and Remote Sensing: PCA-based Approach at Northern Elevated Tract Bangladesh. *Applied Water Science*, 10(4), 1–19. <https://doi.org/10.1007/s13201-020-1176-5>
- Basin, B. N., & Bogale, A. (2021). Morphometric Analysis of a Drainage Basin using Geographical Information System in Gilgel Abay Watershed, Lake Tana Basin, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Applied Water Science*, 11(7), 1–7. <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01447-9>
- Bharath, A., Kumar, K. K., Maddamsetty, R., Manjunatha, M., Tangadagi, R. B., & Preethi, S. (2021). Drainage Morphometry Based Sub-watershed Prioritization of Kalinadi Basin using Geospatial Technology. *Environmental Challenges*, 5, 100277. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100277>
- Çadraku, H. S. (2022). Analyzing of Morphometric Parameters and Designing of Thematic Maps using Raster Geoprocessing Tool. *Civil Engineering Journal (Iran)*, 8(9), 1835–1845. <https://doi.org/10.28991/CEJ-2022-08-09-06>
- Chandrashekar, H., Lokesh, K. V., Sameena, M., Roopa, J., & Ranganna, G. (2015). GIS-Based Morphometric Analysis of Two Reservoir Catchments of Arkavati River, Ramanagaram District, Karnataka. *Aquatic Procedia*, 4(Icwrcoe), 1345–1353. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.1>

75

- Chowdhury, S. (2024). Morphometric Analysis of Halda River Basin, Bangladesh, using GIS and Remote Sensing Techniques. *Heliyon*, 10(7), e29085.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29085>
- Ditjen BPDAS-PS. (2013). *Peraturan Direktur Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial Nomor: P.3/V-SET/2013 Tentang Pedoman Identifikasi Karakteristik Daerah Aliran Sungai*. Ditjen BPDAS-PS.
- Godif, G., & Manjunatha, B. R. (2022). Prioritizing Sub-watersheds for Soil and Water Conservation Via Morphometric Analysis and the Weighted Sum Approach: A case Study of the Geba River Basin in Tigray, Ethiopia. *Heliyon*, 8(12), 1–13.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12261>
- Horton, R. E. (1932). Drainage-basin Characteristics. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 13(1), 350–361.  
<https://doi.org/10.1029/TR013i001p00350>
- Horton, R. E. (1945). Erosional Development of Stream and Their Drainage Basins; Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56(3), 275–370.  
[https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56)
- Jha, A., Gupta, N. C., & Dey, B. (2022). Morphometric Analysis of Gandak River Drainage Basin using Geographic Information System (GIS) and SRTM-DEM. *Salud, Ciencia y Tecnologia*, 2(2), 1–16.  
<https://doi.org/10.56294/SALUDCYT2022189>
- Kabite, G., & Gessesse, B. (2018). Hydro-geomorphological Characterization of Dhidhessa River Basin, Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research*, 6(2), 175–183.  
<https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2018.02.003>

03

- Kamaraj, P., David, I., Karuppanan, S., & Garo, T. (2024). A Statistical-based Geospatial Approach to Prioritize the Watersheds for Soil Erosion Conservation in the Upper Awash Basin (Upstream Koka), Ethiopia. *Kuwait Journal of Science*, 51, 100198.  
<https://doi.org/10.1016/j.kjs.2024.100198>  
8 Received
- Kant, C., Kumar, G., & Meena, R. S. (2023). Modeling Morphometric and Geomorphological Parameters of Mountainous River Basin for Water Resource Management using Remote Sensing and GIS Approach. *Modeling Earth Systems and Environment*, 9(2), 2151–2163.  
<https://doi.org/10.1007/s40808-022-01614-0>
- Khan, I., Bali, R., Agarwal, K. K., & Kumar, D. (2021). Morphometric Analysis of Parvati Basin, NW Himalaya: A Remote Sensing and GIS Based Approach. *Journal Geological Society of India*, 97, 165–172.  
<https://doi.org/10.1007/s12594-021-1648-8>
- Mahala, A. (2020). The Significance of Morphometric Analysis to Understand the Hydrological and Morphological Characteristics in Two Different Morpho-climatic Settings. *Applied Water Science*, 10(1), 1–16.  
<https://doi.org/10.1007/s13201-019-1118-2>
- Mani, A., Kumari, M., & Badola, R. (2022). Morphometric Analysis of Suswa River Basin Using Geospatial Techniques. *Engineering Proceedings*, 27(1), 1–7.  
<https://doi.org/10.3390/ecca-9-13225>
- Pande, C. B., & Moharir, K. (2017). GIS Based Quantitative Morphometric Analysis and its Consequences: A Case Study from Shanur River Basin, Maharashtra India. *Applied Water Science*, 7(2), 861–871.  
<https://doi.org/10.1007/s13201-015-0298-7>
- Pareta, K., & Pareta, U. (2011). Quantitative Morphometric Analysis of a Watershed of Yamuna Basin, India using ASTER

- (DEM) Data and GIS. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 2(1), 248–269.
- Pike, R. J., & Wilson, S. E. (1971). Elevation-Relief Ratio, Hypsomorphic Integral, and Geomorphic Area-Altitude Analysis. *Bulletin of the Geological Society of America*, 82(4), 1079–1084. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1971\)82\[1079:ERHIAG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1971)82[1079:ERHIAG]2.0.CO;2)
- Rahman, A., & Upaul, S. (2023). Application of GIS and Remote Sensing in Morphometric Analysis of River Basin at the South-western Part of Great Ganges Delta, Bangladesh. *Hydrology Research*, 54(6), 739–755. <https://doi.org/10.2166/nh.2023.087>
- Raja, P., Mathew, A., Arun, P. S., & Gopi, V. P. (2023). Sub-watershed Prioritization using Morphometric Analysis, Principal Component Analysis, Hypsometric Analysis, Land Use/Land Cover Analysis, and Machine Learning Approaches in the Peddavagu River Basin, India. *Journal of Water and Climate Change*, 14(7), 2055–2084. <https://doi.org/10.2166/wcc.2023.221>
- Saha, S., Das, J., & Mandal, T. (2022). Investigation of the Watershed Hydro-morphologic Characteristics Through the Morphometric Analysis: A Study on Rayeng Basin in Darjeeling Himalaya. *Environmental Challenges*, 7, 100463. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100463>
- Sarkar, D., Mondal, P., Sutradhar, S., & Sarkar, P. (2020). Morphometric Analysis Using SRTM-DEM and GIS of Nagar River Basin, Indo-Bangladesh Barind Tract. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 7. <https://doi.org/10.1007/s12524-020-01106-7>
- Schuumm, S. A. (1956). Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*, 67, 597–646. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67)
- Shekar, P. R., & Mathew, A. (2024). Morphometric Analysis of Watersheds: A Comprehensive Review of Data Sources, Quality, and Geospatial Techniques. *Watershed Ecology and the Environment*, 6, 13–25. <https://doi.org/10.1016/j.wsee.2023.12.001>
- Singh, W. ., Barman, S., & Tirkey, G. (2021). Morphometric Analysis and Watershed Prioritization in Relation to Soil erosion in Dudhnai Watershed. *Applied Water Science*, 11(9), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01483-5>
- Soni, S. (2017). Assessment of Morphometric Characteristics of Chakrar Watershed in Madhya Pradesh India using Geospatial Technique. *Applied Water Science*, 7(5), 2089–2102. <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0395-2>
- Sreedevi, P. D., Owais, S., Khan, H. H., & Ahmed, S. (2009). Morphometric Analysis of a Watershed of South India using SRTM Data and GIS Morphometric. *Journal Geological Society Of India*, 73, 543–552. <https://doi.org/10.1007/s12594-009-0038-4>
- Sreelakshmy, M., Dhanusree, M., & Thangamani, V. (2023). Application of GIS Techniques to Understand the Geomorphometric Characteristics of A Tropical Watershed in South India. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 7(2), 161–173. <https://doi.org/10.1080/24749508.2021.1952749>
- Tassew, B. G., Belete, M. A., & Miegel, K. (2021). Assessment and Analysis of Morphometric Characteristics of Lake Tana Sub-basin, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Intl. J. River Basin Management*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/15715124.2021.1938091>