

Analisis Karakteristik Morfometri Daerah Aliran Sungai (DAS) untuk Mendukung Kajian Risiko Banjir di Kota Bontang Kalimantan Timur

Najma Nur Mawaddah¹, Feri Fadlin², Andi Baso Sofyan³

¹ Pendidikan Geografi Universitas Mulawarman, Samarinda Kalimantan Timur

² Teknologi Rekayasa Geomatika dan Survei Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Samarinda Kalimantan Timur

³ Teknologi Geomatika Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Samarinda Kalimantan Timur

Korespondensi : najmanm@fkip.unmul.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji karakteristik morfometri Daerah Aliran Sungai (DAS) Bontang, Kalimantan Timur, yang sangat penting untuk memahami dinamika hidrologi dan risiko banjir di kawasan tersebut. DAS Bontang dengan luas 57,03 km² dan panjang 23,25 km memiliki kemiringan basin yang sangat landai sebesar 0,18%, serta bentuk basin yang cenderung memanjang dengan rasio elongasi 0,37 dan circularity ratio 0,21. Metode analisis menggunakan perangkat lunak HEC-HMS versi 4.11 untuk memodelkan parameter morfometri dan simulasi hidrologi secara terintegrasi. Hasil temuan menunjukkan bahwa kombinasi topografi landai, bentuk basin memanjang, dan kerapatan sungai sedang (0,29 km/km²) mempengaruhi perilaku aliran permukaan dengan potensi genangan serta waktu respon hidrologi yang moderat. Karakteristik ini berimplikasi pada peningkatan risiko banjir terutama saat hujan deras tiba-tiba. Studi ini merekomendasikan optimalisasi sistem drainase serta integrasi data morfometri dan pemodelan hidrologi untuk memberikan basis ilmiah yang kuat untuk strategi pengelolaan risiko banjir yang adaptif dan berkelanjutan di DAS Bontang.

Kata Kunci: Banjir, DAS, Morfometrik, Hec-HMS, Bontang.

ABSTRACT

This study examines the morphometric characteristics of the Bontang Watershed in East Kalimantan, which are crucial for understanding the hydrological dynamics and flood risks in the region. The Bontang DAS, covering an area of 57.03 km² with a total length of 23.25 km, features a very gentle basin slope of 0.18%, and a basin shape that tends to be elongated, indicated by an elongation ratio of 0.37 and a circularity ratio of 0.21. The analysis method employed the HEC-HMS software version 4.11 to model morphometric parameters and perform integrated hydrological simulations. The findings show that the combination of low topographic gradient, elongated basin shape, and moderate stream density (0.29 km/km²) influences surface flow behavior, leading to potential waterlogging and moderate hydrologic response times. These characteristics imply an increased flood risk, especially during sudden heavy rainfall. The study recommends optimizing the drainage system and integrating morphometric data with hydrological modeling to provide a robust scientific basis for developing adaptive and sustainable flood risk management strategies in the Bontang Watershed.

Keywords: *Flood, Watershed, Morphometric, Hec-HMS, Bontang*

Pendahuluan

Analisis morfometri Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan aspek penting dalam kajian hidrologi, terutama untuk memahami proses aliran permukaan dan potensi risiko banjir di suatu wilayah. Parameter-parameter morfometri seperti bentuk basin, kemiringan, kerapatan jaringan sungai, serta panjang sungai memiliki peran signifikan dalam menentukan karakteristik hidrologi suatu DAS (Baco & Ode Hasani, 2017; Budi dkk., 2017; Hidayah, 2019; Narendra dkk., 2024; Nasjono dkk., 2024; Sukristiyanti dkk., 2018). Studi-studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa perubahan morfometri dapat memengaruhi pola dan intensitas debit puncak yang berkontribusi pada risiko banjir, sehingga analisis ini menjadi fondasi penting dalam pengelolaan bencana hidrologi (Mensah-Brako dkk., 2025; Rana & Suryanarayana, 2021; Xu dkk., 2022).

Kota Bontang sebagai daerah yang berkembang pesat dan memiliki topografi DAS yang khas memerlukan kajian risiko banjir yang komprehensif. Penelitian terdahulu pada DAS serupa menegaskan hubungan erat karakteristik morfometri dengan bahaya banjir, khususnya yang terkait dengan parameter bentuk basin dan kerapatan drainase (Zahri dkk., 2017). Dengan mempertimbangkan kondisi morfometri DAS Bontang, penilaian risiko banjir yang terintegrasi dengan pendekatan spasial dan hidrologi dapat menyediakan dasar bagi strategi mitigasi bencana yang efektif dan adaptif terhadap perubahan lingkungan.

Selain itu, kemajuan teknologi seperti penggunaan sistem informasi geografis (GIS) dan model hidrologi seperti HEC-HMS telah dimanfaatkan secara luas untuk menganalisis dan memodelkan pengaruh morfometri terhadap respons hidrologi DAS (Dotson, 2001; Gumindoga dkk., 2017; Halwatura & Najim, 2013). Implementasi teknologi ini mampu menghasilkan prediksi yang lebih akurat terhadap debit puncak dan daerah rawan banjir, sehingga memperkuat dasar ilmiah dalam mitigasi risiko banjir di perkotaan seperti Bontang. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik morfometri DAS Bontang secara mendalam untuk mendukung upaya mitigasi risiko banjir berbasis data ilmiah dan teknologi modern.

Oleh karena itu, penelitian ini sangat relevan dan strategis untuk mengisi gap yang ada dengan menerapkan model Hec-HMS dalam analisis morfometri DAS Bontang. Diharapkan, hasil kajian ini tidak hanya memperkuat landasan ilmiah dalam bidang hidrologi dan geomorfologi, tetapi juga memberikan masukan praktis bagi pembuat kebijakan dan pihak terkait dalam menyusun strategi mitigasi risiko banjir yang sesuai dengan karakteristik lokal serta berkelanjutan bagi Kota Bontang.

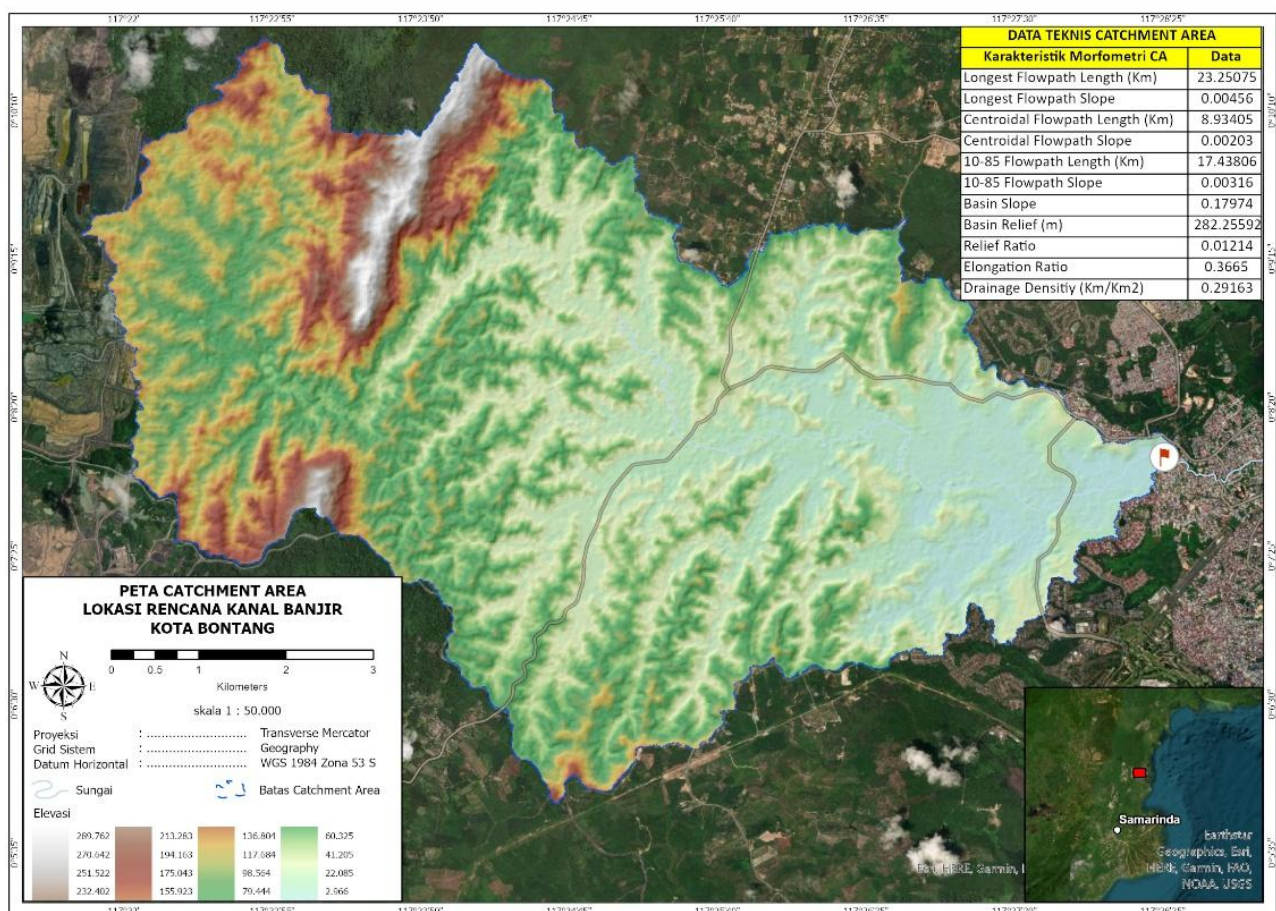
Analisis Karakteristik Morfometri Daerah Aliran Sungai (DAS)...

Najma Nur Mawaddah, Feri Fadlin & Andi Baso Sofyan

Metodologi

Lokasi Penelitian

Daerah Aliran Sungai (DAS) Bontang terletak di wilayah Kota Bontang, Kalimantan Timur, yang secara geografis memiliki karakteristik topografi dan hidrologi yang unik. Untuk memberikan gambaran spasial yang jelas mengenai area kajian, peta lokasi DAS Bontang disajikan sebagai referensi visual utama dalam penelitian ini. Peta tersebut memperlihatkan batas-batas DAS, topografi global wilayah DAS, serta jaringan sungau utama. Penyajian peta ini tidak hanya memudahkan pemahaman tentang lokasi geografis penelitian, tetapi juga menjadi landasan penting untuk analisis morfometri dan kajian risiko banjir yang mendalam berdasarkan karakteristik lokal DAS Bontang.

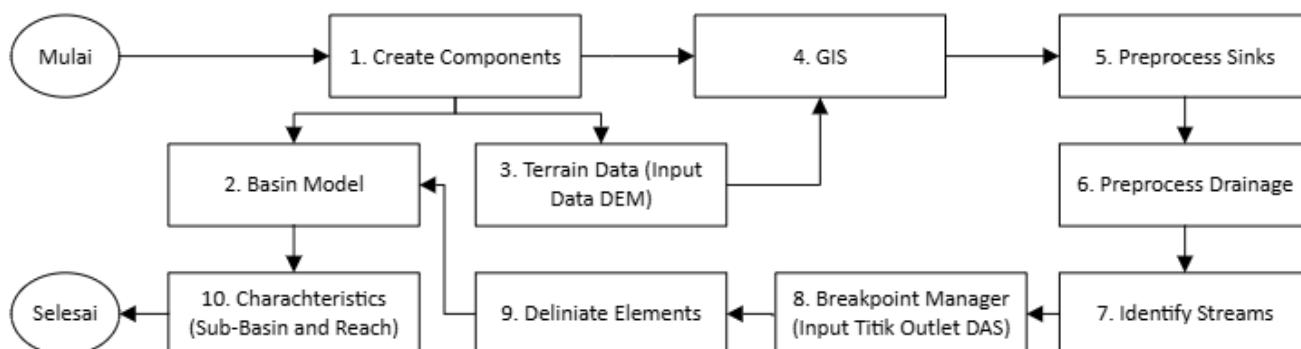


Gambar 1. Objek Studi DAS Bontang

Pengolahan Data Menggunakan Hec-HMS

Dalam penelitian ini, HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System) versi 4.10 digunakan sebagai tools utama untuk melakukan analisis morfometri Daerah Aliran Sungai (DAS). Tahapan dalam pengolahan data topografi hingga menghasilkan informasi morfometri DAS secara umum terdiri atas 11 tahapan. Skema tahapan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.

Analisis Karakteristik Morfometri Daerah Aliran Sungai (DAS)...
Najma Nur Mawaddah, Feri Fadlin & Andi Baso Sofyan



Gambar 2. Skema Tahapan Pengolahan data Morfometri DAS Menggunakan Hec-HMS.

Morfometri DAS

1. Luas DAS/ *Drainage Area* (A)

Drainage Area atau Daerah Aliran Sungai (DAS) merujuk pada area lahan tertentu di mana air hujan atau aliran permukaan mengalir ke titik tertentu, seperti sungai, danau, atau saluran drainase. Makin besar DAS, makin lama limpasan mencapai outlet dan makin besar limpasan yang dihasilkan. Klasifikasi DAS berdasarkan luasnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Klasifikasi DAS berdasarkan luas (Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial (2013)

No	Luas DAS (Ha)	Klasifikasi DAS
1	>1.500.000	DAS sangat besar
2	500.000 - < 1.500.000	DAS besar
3	100.000 - < 500.000	DAS sedang
4	10.00 - < 100.000	DAS kecil
5	Kurang dari 10.000	DAS sangat kecil

Sumber: (Zahri dkk., 2017)

2. Panjang (L) dan Kemiringan Sungai (S)

Panjang Sungai dalam konteks hidrologi, merujuk pada jarak fisik dari sumber air utama di DAS tersebut hingga titik di mana air mengalir keluar dari DAS, biasanya menuju ke muara sungai atau danau terbesar. Panjang sungai merupakan salah satu parameter yang sering digunakan dalam analisis risiko banjir pada DAS dimana semakin panjang sungai, semakin besar risiko banjir pada suatu DAS (Dung dkk., 2020; Frasson dkk., 2019; Sofia & Nikolopoulos, 2020; Xu dkk., 2022).

Selain panjang sungai, kemiringan sungai juga merupakan parameter yang berpengaruh terhadap risiko banjir. etika lereng tanah atau dasar sungai memiliki kemiringan yang lebih besar (lebih curam), air akan mengalir lebih cepat ke bawah. Air yang bergerak lebih cepat ini meningkatkan potensi terjadinya banjir karena dapat mengumpulkan dan mengalir Analisis Karakteristik Morfometri Daerah Aliran Sungai (DAS)...

dengan kekuatan lebih besar, yang menyebabkan dampak banjir yang lebih hebat di hilir (Dung dkk., 2020). Kemiringan sungai dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$Su = \frac{(H85 - H10)}{0,75 Lb}$$

Su = Kemiringan alur sungai (gradient sungai)

H85 = Ketinggian titik yang terletak pada jarak 0,85 Lb

H10 = Ketinggian titik yang terletak pada jarak 0,10 Lb

Lb = Panjang alur sungai utama

3. Kemiringan DAS/ Basin Slope (S)

Kemiringan DAS (Daerah Aliran Sungai) merujuk pada kecuraman atau sudut lereng dari permukaan tanah di dalam suatu wilayah yang membentuk aliran air permukaan ke arah sungai, danau, atau saluran drainase lainnya. Kemiringan DAS adalah salah satu faktor penting dalam menentukan kecepatan aliran air, tingkat erosi tanah, serta pola aliran permukaan dalam suatu sistem hidrologi (Godif & Manjunatha, 2022). Kemiringan DAS yang curam cenderung meningkatkan risiko banjir dan erosi tanah, sementara kemiringan yang landai dapat mempengaruhi infiltrasi air ke dalam tanah dan memengaruhi pola aliran air bawah tanah (Rana & Suryanarayana, 2021). Oleh karena itu, pemahaman yang baik tentang kemiringan DAS sangat penting dalam manajemen sumber daya air dan lingkungan secara keseluruhan. Kemiringan DAS diukur berdasarkan beda tinggi ΔE antara hulu dan hilir sungai utama yang dibagi dengan panjang DAS. Atau dapat dituliskan dengan persamaan:

$$S = \frac{\Delta E}{L}$$

Perbedaan ketinggian (ΔE) tidak selalu sama dengan perbedaan ketinggian maksimum yang terdapat di dalam Daerah Aliran Sungai (DAS). Biasanya, titik tertinggi dari elevasi terletak di sepanjang batas DAS, sementara ujung sungai atau aliran utama tidak mencapai titik ini.

4. Bentuk DAS/ *Watershed Shape*

Bentuk DAS dapat dibedakan berdasarkan karakteristik morfometri, yang meliputi parameter seperti rasio panjang-lebar, perimeter, dan faktor bentuk. DAS dengan bentuk yang lebih memanjang memiliki rasio panjang-lebar yang tinggi, sedangkan DAS dengan bentuk yang lebih bulat memiliki rasio panjang-lebar yang rendah. Beberapa parameter dalam menentukan bentuk DAS dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 2. Parameter bentuk DAS

No	Paramater	Keterangan
1	Panjang terhadap pusat DAS (L_{ca}) Jarak dari outlet sungai utama ketitik pusat DAS (Centroid)	1. DAS Berpusat (<i>Centric</i>): Jika jarak antara outlet sungai utama atau aliran utama dengan pusat DAS (centroid) relatif pendek, menunjukkan bahwa DAS memiliki bentuk yang berpusat. DAS seperti ini cenderung memiliki pola aliran air yang konvergen menuju satu titik pusat. 2. DAS Tersebar (<i>Dispersed</i>): Jika jarak antara outlet sungai utama dengan pusat DAS (centroid) relatif jauh, menunjukkan bahwa DAS memiliki bentuk yang tersebar. DAS seperti ini cenderung memiliki pola aliran air yang divergen atau tersebar dari satu titik pusat.
2	<i>Circularity Ratio</i> (F_c) $F_c = \frac{4\pi A}{(P)^2}$ P adalah keliling DAS (ft) dan A adalah luas DAS (ft ²)	1. DAS Bulat (<i>Circular</i>): Jika nilai Circularity Ratio (F_c) mendekati 1 atau $F_c \approx 1$ 2. DAS <i>Elongated</i> (Memanjang): Jika nilai Circularity Ratio (F_c) mendekati 0 3. DAS <i>Irregular</i> (Tidak Beraturan): Jika nilai Circularity Ratio (F_c) mendekati 0.5
3	<i>Elongation Ratio</i> (R_e) $R_e = 1,129 \frac{A^{0.5}}{L_m}$ L_m adalah panjang maksimum sungai utama (km), A luas DAS (km ²)	Nilai <i>Elongation Ratio</i> berkisar antara 0,2 hingga 1,0. Nilai R_e rendah menunjukkan bentuk DAS memanjang sedangkan nilai R_e yang mendekati 1 menunjukkan bentuk DAS yang Bulat
4	Kerapatan Aliran/ <i>Drainage Density</i> (D_d) $D_d = \frac{L}{A}$	Klasifikasi nilai indeks kerapatan alur adalah sebagai berikut: $D_d < 0,25$ km/km ² kategori Rendah $D_d 0,25 - 10$ km/km ² kategori Sedang $D_d 10 - 25$ km/km ² kategori Tinggi $D_d > 25$ km/km ² kategori Sangat Tinggi

Sumber: (Budi dkk., 2017)(Sukristiyanti dkk., 2018)

Hasil Dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengolahan data Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS), menggunakan perangkat lunak Hec-HMS 4.11, diperoleh informasi terkait karakteristik DAS Bontang yaitu sebagai berikut:

Tabel 3. Karakteristik Morfometri DAS Bontang

Parameter	Nilai	Keterangan
A	57,03 Km ²	Luas DAS
L	23,25 Km	Panjang DAS
S	0,18 %	Basin Slope
L _{ca}	8,93 Km	Jarak <i>Centroid</i>
F _c	0,21	<i>Circularity Ratio</i>
R _e	0,37	<i>Elongation Ratio</i>
D _d	0,29 Km/km ²	Kerapatan Sungai

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan data morfometri yang tersedia, luas DAS di Kota Bontang sekitar 57,03 km² dengan panjang total DAS sekitar 23,25 km. Kemiringan basin (Basin Slope) tercatat rendah, yakni 0,18%, yang menunjukkan bahwa wilayah ini memiliki kontur tanah yang relatif landai. Jarak centroid (L_{ca}) sebesar 8,93 km mengindikasikan posisi pusat DAS relatif jauh dari outlet sungai utama, yang dapat mempengaruhi waktu respon hidrologis terhadap hujan. Nilai circularity ratio (F_c) sebesar 0,21 dan elongation ratio (R_e) sebesar 0,37 menunjukkan bentuk DAS yang cenderung memanjang dan tidak bulat. Kerapatan sungai (D_d) yang rendah lebih lanjut mengindikasikan sistem drainase yang tidak terlalu rapat. Keseluruhan karakteristik ini menunjukkan DAS dengan bentuk yang memanjang dan topografi yang relatif landai.

Kemiringan basin sebesar 0,18% menunjukkan bahwa DAS Bontang memiliki topografi rendah dan landai. Berdasarkan penelitian (Ojha dkk., 2023) kemiringan rendah dan landai berpotensi mengakumulasi aliran permukaan yang lambat, meningkatkan kemungkinan genangan dan banjir lahan. Namun, kemiringan yang landai juga dapat mengurangi kecepatan aliran puncak, sehingga risiko banjir bergantung pula pada parameter lain seperti kepadatan sungai dan bentuk basin.

Rasio elongasi DAS Bontang adalah 0,37, yang menunjukkan bentuk basin yang relatif bulat. Studi (Deka dkk., 2021) menunjukkan bahwa bentuk basin yang cenderung bulat mempersingkat waktu konsentrasi aliran sehingga debit puncak meningkat drastis saat hujan intens, meningkatkan potensi banjir di hilir. Oleh karena itu, karakteristik elongasi ini memberikan indikasi bahwa DAS Bontang dapat mengalami peningkatan risiko banjir ketika terjadi hujan deras secara tiba-tiba.

Kerapatan sungai DAS Bontang sebesar 0,29 km/km² tergolong sedang. Kerapatan ini mencerminkan jumlah saluran drainase yang tersedia untuk menyalurkan aliran permukaan. Berdasarkan literatur dalam studi (Kannan dkk., 2018; Rahmati dkk., 2019; Rana & Suryanarayana, 2021) kerapatan sungai yang rendah dapat menyebabkan kapasitas drainase terbatas dan meningkatkan risiko banjir permukaan, sementara kerapatan tinggi dapat mengurangi risiko ini dengan mendukung aliran yang cepat dan terkontrol. Kerapatan sedang pada DAS Bontang harus diperhatikan sebagai titik kritis dalam pengelolaan risiko banjir. Hal ini selaras dengan *Circularity ratio* (F_c) DAS Bontang yaitu 0,21, yang menunjukkan basin dengan pola aliran yang cenderung tidak membentuk lingkaran sempurna sehingga aliran tidak langsung menuju outlet. Berdasarkan teori morfometri, nilai F_c yang kecil umumnya memperpanjang jalur aliran dan dapat menurunkan debit puncak, sehingga mengurangi risiko banjir. Namun, ini juga memerlukan validasi lebih lanjut dengan pola morfologi elevasi dan kondisi hidrologi setempat agar mitigasi risiko yang tepat dapat dilakukan.

Panjang jarak centroid (L_{ca}) DAS adalah 8,93 km, yang berperan dalam menentukan waktu konsentrasi aliran dari ujung basin menuju outlet. Semakin panjang nilai L_{ca} , semakin besar waktu respons hidrologi dari DAS. Ini berarti DAS Bontang dengan L_{ca} tersebut cenderung memiliki waktu tanggapan yang moderat terhadap hujan, yang relevan dalam mitigasi banjir dengan pengaturan waktu tanggap yang memadai sesuai model hidrologi seperti HEC-HMS (Scharffenberg, 2022).

Hasil penelitian terdahulu (Yawar Ali Khan & ElKashouty, 2023) menunjukkan bahwa kombinasi kemiringan, bentuk basin, dan kerapatan sungai sangat menentukan bahaya banjir (Hydro-morphometric Parameters Analysis). Oleh karena itu, data morfometri DAS Bontang dikonfirmasi validitasnya bila digunakan untuk analisis risiko banjir berbasis karakteristik fisik DAS. Analisis parameter morfometri DAS Bontang memberikan landasan penting untuk merancang strategi pengelolaan risiko banjir. Dengan karakteristik basin bulat, kemiringan landai, dan kerapatan sungai menengah, intervensi pengendalian banjir perlu difokuskan pada optimalisasi jaringan drainase dan konservasi tanah untuk mengurangi sedimentasi yang dapat mempersempit saluran serta menurunkan kapasitas aliran hidrologi.

Penggunaan model simulasi HEC-HMS dalam analisis morfometri sangat dianjurkan untuk DAS Bontang, sebagaimana yang didokumentasikan dalam studi yang menggunakan HEC-HMS dalam pemetaan banjir. Integrasi data fisik dan simulasi debit puncak akan memberikan gambaran yang komprehensif tentang titik-titik rawan banjir secara spasial dan Analisis Karakteristik Morfometri Daerah Aliran Sungai (DAS)...

temporal, sehingga mendukung perencanaan mitigasi yang tepat sasaran (Application of HEC-HMS in Hydrologic Modeling). Secara keseluruhan, analisis morfometri DAS Bontang selaras dengan hasil penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa karakteristik fisik basin secara langsung memengaruhi risiko banjir. Penelitian lanjutan yang menggabungkan pemodelan hidrologi, data curah hujan historis, dan kondisi penggunaan lahan akan memperkaya pemahaman dan meningkatkan efektivitas mitigasi banjir pada DAS ini. Pendekatan terintegrasi sangat diperlukan untuk menghadapi dinamika hidrologi dan perubahan lingkungan yang terus berlangsung.

Kesimpulan dan Saran

Analisis morfometri DAS Bontang dengan luas 57,03 km² dan panjang total 23,25 km menunjukkan karakteristik basin yang relatif memanjang dengan kemiringan sangat landai sebesar 0,18%. Parameter seperti rasio elongasi rendah (0,37), circularity ratio (0,21), dan kerapatan sungai sedang (0,29 km/km²) mengindikasikan sistem drainase yang tidak terlalu rapat dan topografi yang mendukung waktu respon hidrologi sedang. Karakteristik tersebut relevan dalam konteks risiko banjir karena berpotensi meningkatkan risiko genangan akibat akumulasi aliran permukaan yang lamban, namun debit puncak yang berpotensi naik saat hujan deras tiba-tiba juga perlu diwaspadai. Hasil ini selaras dengan temuan penelitian terdahulu yang menunjukkan hubungan kuat antara parameter morfometri dan risiko banjir, sehingga valid untuk digunakan dalam kajian risiko banjir di Kota Bontang.

Berdasarkan karakteristik morfometri yang ditemukan, disarankan untuk memperkuat sistem drainase dengan optimalisasi saluran air dan konservasi tanah guna mengurangi sedimentasi yang dapat mempersempit kapasitas aliran. Penggunaan model simulasi hidrologi seperti HEC-HMS sangat dianjurkan untuk memetakan titik-titik rawan banjir secara spasial dan temporal, yang akan mendukung perencanaan mitigasi banjir yang lebih tepat sasaran. Kajian lanjutan juga perlu mengintegrasikan data curah hujan historis dan perubahan penggunaan lahan untuk mendapatkan gambaran risiko banjir yang menyeluruh serta merancang strategi adaptasi dan mitigasi yang lebih efektif menghadapi dinamika hidrologi dan perubahan lingkungan di masa depan.

Daftar Pustaka

- Baco, L. S., & Ode Hasani, U. (2017). Karakteristik Morfometri Menentukan Kondisi Hidrologi DAS Roraya. *Ecogreen*, 3(2), 105–115.
- Budi, T. S., Hendri, A., & Fauzi, M. (2017). Kesesuaian Model Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Berdasarkan Karakteristik Daerah Aliran Sungai di Wilayah Sungai Indragiri-Akuaman. *Jom FTEKNIK*, 4(2).
- Deka, B., Bharteey, P. K., Dutta, M., Patgiri, D. K., & Saikia, R. (2021). Morphometric analysis of Moridhal watershed in Dhemaji District of Assam, India using remote sensing and Geographic Information System techniques. *Desalination and Water Treatment*, 242, 235–242. <https://doi.org/10.5004/dwt.2021.27841>
- Dotson, H. W. (2001). Watershed modeling with HEC-HMS (hydrologic engineering centers-hydrologic modeling system) using spatially distributed rainfall. Dalam *Coping With Flash Floods* (hlm. 219–230). Springer.
- Dung, N. B., Minh, D. T., Ahmad, A., & Long, N. Q. (2020). The role of relative slope length in flood hazard mapping using ahp and gis (Case study: Lam river basin, Vietnam). *Geography, Environment, Sustainability*, 13(2), 115–123. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2020-48>
- Frasson, R. P. de M., Pavelsky, T. M., Fonstad, M. A., Durand, M. T., Allen, G. H., Schumann, G., Lion, C., Beighley, R. E., & Yang, X. (2019). Global Relationships Between River Width, Slope, Catchment Area, Meander Wavelength, Sinuosity, and Discharge. *Geophysical Research Letters*, 46(6), 3252–3262. <https://doi.org/10.1029/2019GL082027>
- 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). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12261>
- Gumindoga, W., Rwasoka, D. T., Nhapi, I., & Dube, T. (2017). Ungauged runoff simulation in Upper Manyame Catchment, Zimbabwe: Application of the HEC-HMS model. *Physics and Chemistry of the Earth*, 100, 371–382. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2016.05.002>
- Halwatura, D., & Najim, M. M. M. (2013). Application of the HEC-HMS model for runoff simulation in a tropical catchment. *Environmental Modelling and Software*, 46, 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.03.006>
- Hidayah, E. (2019). Preliminary Assessment of the Morphometric and Hydrological. *Forum Geografi*, 33(1), 113–128. <https://www.orfeo-toolbox.org/>
- Kannan, R., Venkateswaran, S., Vijay Prabhu, M., & Sankar, K. (2018). Drainage morphometric analysis of the Nagavathi watershed, Cauvery river basin in Dharmapuri district, Tamil Nadu, India using SRTM data and GIS. *Data in Brief*, 19, 2420–2426. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.07.016>
- Mensah-Brako, B., Ampaw, F., Kotei, R., & Kyaku, P. (2025). Flash flood susceptibility assessment using geospatial technology-based morphometric analysis in Waya watershed, Volta River basin, Ghana. *Watershed Ecology and the Environment*, 7, 58–73. <https://doi.org/10.1016/j.wsee.2025.02.002>
- Narendra, B. H., Setiawan, O., Hasan, R. A., Siregar, C. A., Pratiwi, Sari, N., Sukmana, A., Dharmawan, I. W. S., & Nandini, R. (2024). Flood susceptibility mapping based on watershed geomorphometric characteristics and land use/land cover on a small island. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 10(1), 301–320. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2024.01.19>

- Nasjono, J. K., Amin, D., Khaerudin, D. N., & Krisnayanti, D. S. (2024). The impact of watershed characteristics on flood behaviour in the Noelmina River region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1311(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1311/1/012012>
- Ojha, S., Puri, L., Bist, S. P., Bastola, A. P., & Acharya, B. (2023). Watershed prioritization of Kailali district through morphometric parameters and landuse/landcover datasets using GIS. *Heliyon*, 9(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16489>
- Rahmati, O., Samadi, M., Shahabi, H., Azareh, A., Rafiei-Sardooi, E., Alilou, H., Melesse, A. M., Pradhan, B., Chapi, K., & Shirzadi, A. (2019). SWPT: An automated GIS-based tool for prioritization of sub-watersheds based on morphometric and topo-hydrological factors. *Geoscience Frontiers*, 10(6), 2167–2175. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2019.03.009>
- Rana, V. K., & Suryanarayana, T. M. V. (2021). Estimation of flood influencing characteristics of watershed and their impact on flooding in data-scarce region. *Annals of GIS*, 27(4), 397–418. <https://doi.org/10.1080/19475683.2021.1960603>
- Scharffenberg, W. (2022). HEC-HMS User ' s Manual. *US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center*.
- Sofia, G., & Nikolopoulos, E. I. (2020). Floods and rivers: a circular causality perspective. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61533-x>
- Sukristiyanti, S., Maria, R., & Lestiana, H. (2018). Watershed-based Morphometric Analysis: A Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 118(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012028>
- Xu, C., Fu, H., Yang, J., & Wang, L. (2022). Assessment of the Relationship between Land Use and Flood Risk Based on a Coupled Hydrological–Hydraulic Model: A Case Study of Zhaojue River Basin in Southwestern China. *Land*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/land11081182>
- Yawar Ali Khan, M., & ElKashouty, M. (2023). Watershed prioritization and hydro-morphometric analysis for the potential development of Tabuk Basin, Saudi Arabia using multivariate statistical analysis and coupled RS-GIS approach. *Ecological Indicators*, 154. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110766>
- Zahri, R., Fauzi, M., Sujatmoko, B., Jurusan, M., Sipil, T., Teknik, F., & Riau, U. (2017). Analisis Karakteristik DAS Tapakis Berbasis Sistem Informasi Geografis Untuk Analisis Hidrograf Satuan Sintetik. *Jom FTEKNIK*, 4(1), 1–10.