

**ANALISIS BANJIR DI SUNGAI AMBAWANG MENGGUNAKAN
TOPOGRAPHY WETNESS INDEX*****Flood Analysis in The Ambawang River Using The Topography Wetness Index***Paiman¹, Ajun Purwanto²^{1,2}PGRI Pontianak University, IndonesiaEmail Korespondensi: ajunpurwanto@gmail.com

Received: 8/7/2025 | Revised: 26/11/2025 | Accepted: 28/11/2025

DOI: <https://dx.doi.org/10.31314/jsig.v8i2.4602>

Abstract - Flood is one of the natural disasters that often occurs in Indonesia. Floods cause social, economic, health, and ecosystem impacts. This study aims to map flood-prone areas using the Topographic Wetness Index (TWI) approach and analyze its spatial characteristics in the Sungai Ambawang sub district. The data used in this study is the Digital Elevation Model (DEM) from SRTM with a resolution of 30 meters. Based on the results of the analysis, it is known that the research area has three vulnerability classes, namely low, medium, and high. The low vulnerability class has a distribution area of 63,028.86 ha (61.42% of the total area), the medium vulnerability class has a distribution area of 37,931.2 ha (36.96%), and the high vulnerability class has a distribution area of 1,661.77 ha (1.62%). There needs to be an effort to anticipate and manage floods in Sungai Ambawang, which is prioritized in areas with medium and high vulnerability. Priority areas with moderate vulnerability are mostly spread across the villages of Sungai Ambawang Kuala, Mega Timur, Sungai Durian, Central Java, Korek, Pancaroba, Simpang Kanan, Puguk, Pasak, Lingga, Bengkarek, and Pasak Piang villages. The total area is 37,931.2 ha (37%). Areas with high vulnerability priority are mostly spread across the villages of Sungai Ambawang Kuala, Mega Timur, Sungai Durian, Central Java, Korek, Panca Roba, Simpang Kanan, Puguk, Pasak, Lingga, Bangkarek, Pasak Piang, and Teluk Bakung. The total area of this area is 1,661.77 ha (2%). Good spatial planning can reduce the occurrence of recurring flood disasters. The use of TWI in determining flood hazards effectively follows conditions in the field.

Keywords: Flood; Topographic Wetness Index (TWI); Spatial Analysis; DEM; Ambawang River

Abstrak – Banjir adalah salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia. Banjir mengakibatkan dampak sosial, ekonomi, kesehatan, ekosistem. Penelitian ini bertujuan Penelitian ini bertujuan untuk memetakan rawan banjir dengan pendekatan *Topographic Wetness Index* (TWI), dan menganalisis karakteristiknya secara spasial banjir di kecamatan Sungai Ambawang. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Digital Elevation Model* (DEM) dari SRTM dengan resolusi 30 meter. Berdasarkan hasil analisis diketahui daerah penelitian mempunyai tiga kelas kerawanan, yaitu rendah, sedang dan tinggi. Kelas kerawanan rendah memiliki luas sebaran 63.028,86 ha (61,42% dari total luas wilayah), kelas kerawanan sedang memiliki luas sebaran 37.931,2 ha (36,96 %), dan kelas kerawanan tinggi memiliki luas sebaran 1.661,77 ha (1,62%). Perlu adanya upaya antisipasi dan juga pengelolaan banjir di Sungai Ambawang yang diprioritaskan pada wilayah dengan kerawanan sedang dan tinggi. Wilayah prioritas yang mempunyai sedang sebagian besar tersebar di desa Sungai Ambawang Kuala, Mega Timur, Sungai Durian, Jawa Tengah, Korek, Pancaroba, Simpang Kanan, Puguk, Pasak, Lingga, Bengkarek dan desa Pasak Piang. Luas secara keseluruhan adalah 37.931,2 ha (37%). Wilayah dengan prioritas kerawanan tinggi sebagian tersebar di desa Sungai Ambawang Kuala, Mega Timur, Sungai Durian, Jawa Tengah, Korek, Panca Roba, Simpang Kanan, Puguk, Pasak, Lingga, Bangkarek, Pasak Piang, dan Teluk Bakung. Luas secara keseluruhan wilayah ini adalah 1.661,77 ha (2%). Penataan ruang yang baik dapat mengurangi terjadinya bencana banjir yang berulang. Penggunaan TWI dalam penentuan bahaya banjir efektif mengikuti kondisi di lapangan.

Kata kunci: Banjir; Topographic Wetness Index (TWI); Analisis Spasial; DEM; Sungai Ambawang

Under the license CC BY-NC-SA 4.0

PENDAHULUAN

Banjir adalah salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia. Banjir mengakibatkan dampak sosial, ekonomi, kesehatan, ekosistem (Henstra et al., 2019; Purwanto et al., 2022, 2024; S. M. Rezvani et al., 2024; Sein & Myint, 2016), dan hilangnya nyawa (Li et al., 2015, 2023b; Rentschler et al., 2022b; Sein & Myint, 2016). Perubahan iklim telah menyebabkan peningkatan frekuensi dan intensitas banjir dalam beberapa tahun terakhir (Ullah & Zhang, 2020). Negara-negara berkembang, seperti di beberapa bagian Afrika, Asia dan Amerika Selatan, mengalami 90% dari semua bencana banjir dan 95% dari total hilangnya nyawa manusia (Mshelia et al., 2024; Rentschler et al., 2022a). Dampak perubahan iklim mengubah pola curah hujan, meningkatkan suhu, degradasi lahan dan hilangnya keanekaragaman hayati (Climate-ADAPT, 2023; S. M. Rezvani et al., 2024).

Sebagian besar para peneliti fokus pada kejadian banjir di pedesaan, karena dianggap paling sensitif terhadap efek banjir (Bukvic & Harrauld, 2019; Cutter et al., 2016; Rhubart & Sun, 2021; Thalakkottukara et al., 2024). Namun karakteristik heterogenitas spasial pedesaan justru menjadi permasalahan (Saharia et al., 2017; Thalakkottukara et al., 2024). Kurangnya akses ke data dan instrumen yang memadai berkontribusi pada munculnya permasalahan dan memburuknya ketahanan serta upaya mitigasi terhadap banjir. Oleh karena itu, penting sangat bagi *stakeholder* maupun masyarakat memiliki akses ke informasi yang andal dan terkini untuk mencegah atau mengurangi efek banjir (Papaioannou et al., 2018).

Data spasial dan temporal yang akurat tidak tersedia di daerah pedesaan karena banyak kendala (Albano et al., 2020; Coccia et al., 2023; Shastry & Durand, 2019). Akibatnya, masyarakat pedesaan dan pengelola kebijakan tidak memiliki akses ke pemetaan genangan banjir dan informasi spasial secara lebihn banyak, untuk mengurangi efek banjir (Thalakkottukara et al., 2024). Minimnya data yang ada di suatu daerah perlu dicarikan solusi dengan cara mencari pemodelan pemetaan banjir yang di suatu daerah salah satunya adalah dengan metode TWI (Deslauriers & Mahdi, 2018; Patel et al., 2017).

Beberapa peneliti yang menggunakan TWI sebagai alat analisis dan prediksi banjir seperti yang dilakukan oleh (Adnyana & Wiguna, 2025; Berhanu & Bistrat, 2018; Winzeler et al., 2022). TWI adalah indeks yang digunakan dalam analisis hidrologi untuk menggambarkan kecenderungan suatu wilayah untuk mengakumulasi air. TWI merupakan metode yang dapat digunakan untuk melakukan penilaian cepat banjir, dengan pemanfaatan data *Digital Elevation Model* (DEM) dan juga untuk melakukan pemodelan banjir yang lebih detail.

TWI dapat dimanfaatkan sebagai salah satu solusi analisis kerawanan banjir melalui penggunaan teknologi geospasial. Teknologi ini dapat mengumpulkan, menyimpan, mengelola, menganalisis, dan menyajikan data berdasarkan lokasi dan distribusi spasialnya (S. M. Rezvani et al., 2024). Teknologi geospasial dapat digunakan untuk meningkatkan pemahaman dan memecahkan masalah spasial, meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam berbagai kajian.

Dalam beberapa tahun terakhir, platform Penginderaan Jauh seperti Sentinel-1, Sentinel-2, dan Sentinel-3, memiliki potensi besar untuk membantu dalam pemetaan bencana banjir. Hal ini berkat kemampuannya dalam mendeteksi serta membantu dalam berbagai fase pengelolaan banjir, sehingga dapat menjadi sumber data penting untuk pemetaan banjir (Kuntla, 2021). Selain kemajuan data Penginderaan Jauh, pesatnya perkembangan teknologi geospasial (S. M. Rezvani et al., 2024), dalam *platform* Sistem Informasi Geografi (SIG) seperti *Geoprosesing*, *Spatial Analysis*, *Image Analysis*, *Statistical Analysis*, juga menawarkan pendekatan yang lebih informatif (Hsu et al., 2021; Hsu & Li, 2023; Hu et al., 2019; Li et al., 2015, 2021, 2022, 2023b, X. Wang & Xie, 2018). SIG telah mendapatkan daya tarik utama dalam studi penilaian kerawanan banjir

dalam beberapa tahun terakhir sebagai disiplin ilmu terintegrasi yang terdiri dari alat analitis dan basis data informasi.

Ketersediaan data-data yang berkaitan dengan banjir menjadi sangat penting dalam rangka menciptakan ketahanan wilayah. Ketahanan wilayah, terutama dalam hal pemetaan dan mengelola kerawanan banjir, penting untuk mitigasi dalam perencanaan daerah. Penggunaan teknologi geospasial telah mengubah cara kita memahami dan mengurangi efek banjir, menyediakan metode yang lebih akurat, efisien, dan prediktif (Li, 2020; Li et al., 2023a; S. M. H. S. Rezvani et al., 2024; S. Wang & Li, 2021).

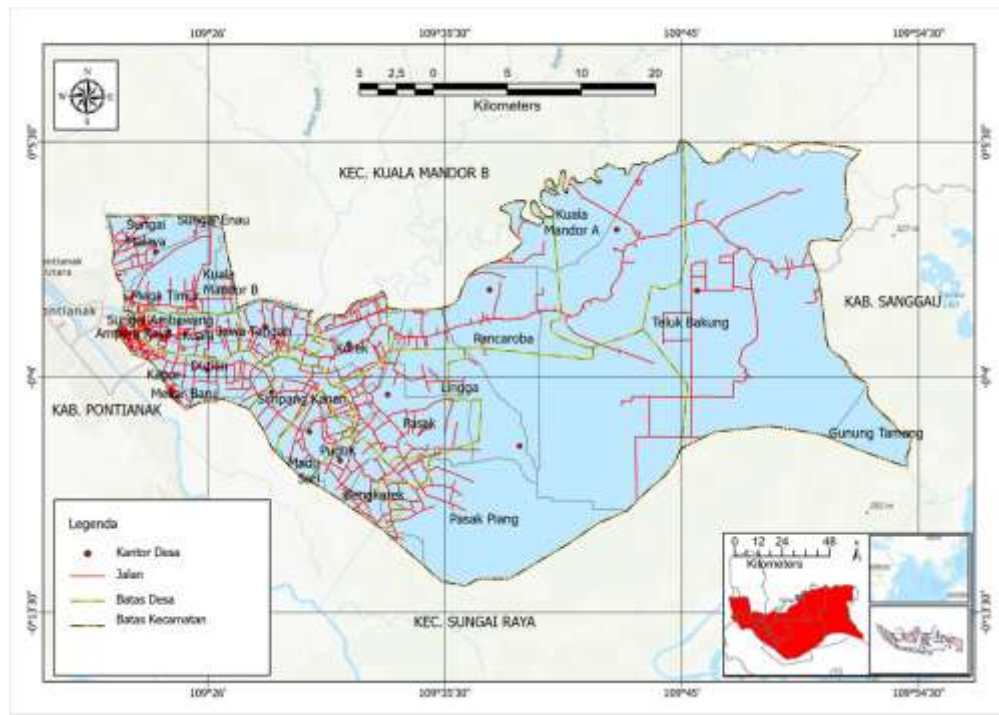
Banjir merendam sejumlah desa di Kecamatan Sungai Ambawang dengan ketinggian air mencapai 60 cm. Akibatnya, ruas jalan trans Kalimantan sepanjang 12 km, dari km 30 hingga km 42, terendam air, menghambat akses transportasi. Tiga desa terdampak paling parah adalah Desa Pancaroba, Desa Teluk Bakung, dan Desa Lingga. Berdasarkan data BPBD Kubu Raya, sebanyak 830 kepala keluarga dengan total 3.039 jiwa terkena dampak banjir (BPBD Kalbar, 2025). Namun demikian tidak ada data yang menyebutkan secara finansial maupun material berapa kerugian yang ditimbulkan. Banjir yang terjadi saat ini menjadi perhatian serius bagi pemerintah daerah dan masyarakat setempat. Langkah-langkah mitigasi lebih lanjut diharapkan dapat mengurangi dampak bencana serupa di masa mendatang.

Keterbatasan data yang ada di daerah penelitian mendorong penulis untuk memanfaatkan pendekatan TWI dalam pemetaan banjir. Rumusan masalah yang muncul adalah bagaimana memetakan tingkat kerawanan banjir di Kecamatan Sungai Ambawang dengan memanfaatkan pendekatan TWI pada kondisi keterbatasan data hidrometeorologi dan data observasi lapangan dan bagaimana karakteristik spasial kerawanan banjir yang dihasilkan dari analisis TWI di Kecamatan Sungai Ambawang. Penelitian ini bertujuan memetakan tingkat kerawanan banjir di Kecamatan Sungai Ambawang dengan menggunakan pendekatan TWI sebagai solusi atas keterbatasan data di wilayah penelitian dan menganalisis karakteristik spasial kerawanan banjir berdasarkan nilai TWI yang dihasilkan dari pemodelan topografi.

METODE DAN DATA

Lokasi Study

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Sungai Ambawang, yang terletak di Kabupaten Kubu Raya, Provinsi Kalimantan Barat, yang terdiri dari 15 desa. Luas wilayah Kecamatan Sungai Ambawang adalah 102.621,8 ha. Letak astronomis Kecamatan Sungai Ambawang adalah antara 0°02'22" LU - 0°01'22" LS dan 109°24'21" BT - 109°31'06" BT. Kecamatan Sungai Ambawang berbatasan dengan Kecamatan Kuala Mandor B di sebelah utara, sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Sungai Raya, sebelah barat : Kota Pontianak dan sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Sanggau. Peta administrasi wilayah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Administrasi Kecamatan Sungai Ambawang

Metode

Metode penelitian menggunakan analisis data sekunder. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan dengan prosedur seperti dibawah ini.

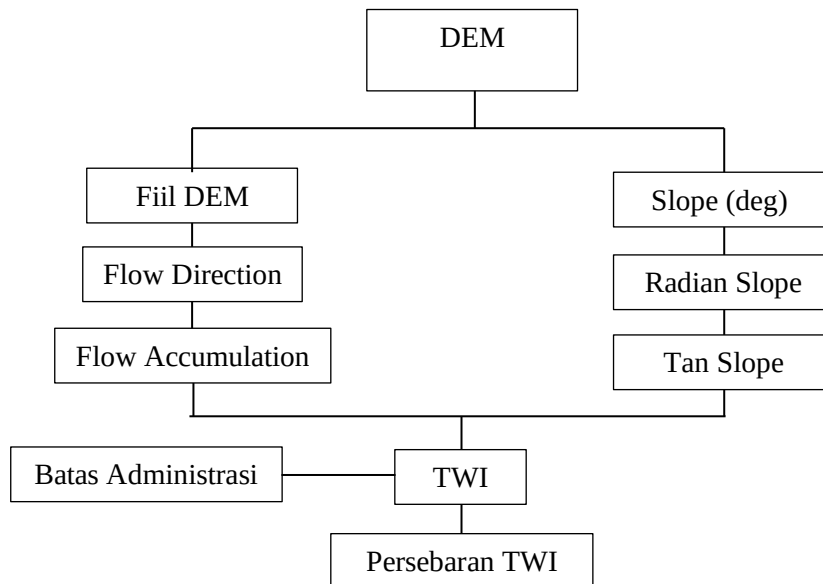
1. Preprocessing data, dilakukan untuk mendapatkan *fill sinks*, membuat arah kemiringan dan arah aliran (*flow direction*) dan komputasi akumulasi aliran (*flow accumulation*) (Merwade, 2019; Zhang et al., 2021) menggunakan *spatial analysis tool* pada platform SIG.
2. Perhitungan TWI menggunakan rumus berikut :

$$TWI = \ln \left(\frac{\alpha}{\tan \beta} \right) \dots\dots\dots(\text{Winzeler et al., 2022})$$

dimana:

- α = akumulasi aliran spesifik (m^2/m) yang diperoleh dari DEM
 - β = sudut kemiringan lereng (radian)
3. Pemodelan dengan geospasial, untuk mendapatkan model pemetaan daerah rawan banjir yang dilakukan dengan memanfaatkan *Platform GIS* dengan analisis spasial untuk mengklasifikasikan wilayah rawan banjir berdasarkan nilai TWI (Ahmad, 2017; Meileni & Sylvia, 2023; H. Wang et al., 2021). Analisis Spasial meliputi: topografi, pola aliran, maupun analisis menggunakan DEM untuk kemiringan lereng.
 4. Visualisasi hasil dalam penelitian ini berupa Peta Rawan Banjir yang dikelaskan berdasarkan nilai TWI katagori zona rawan rendah, sedang, dan tinggi.

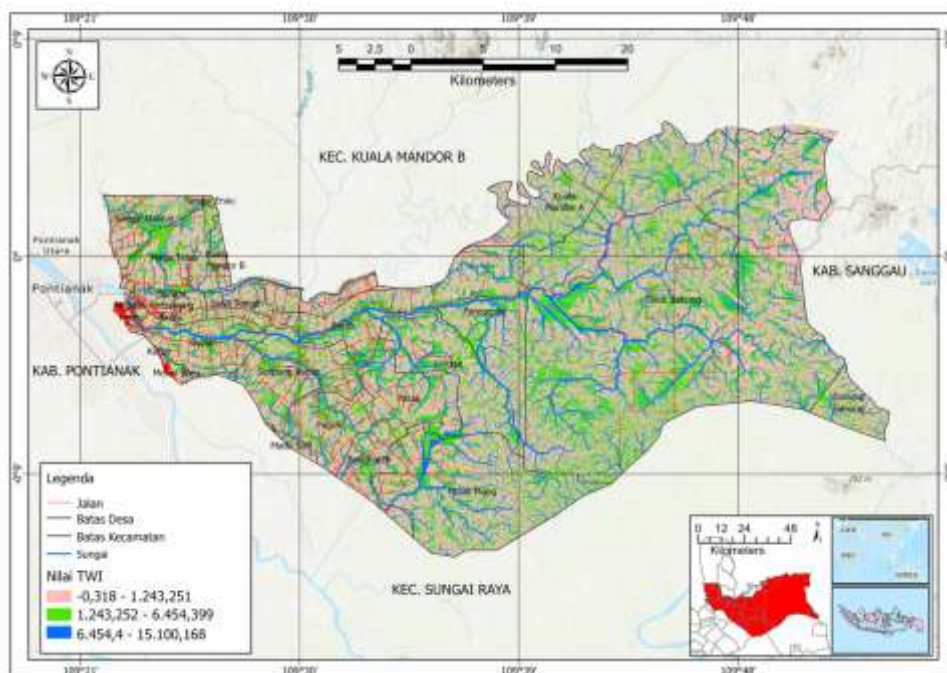
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Digital Elevation Model (DEM)* dari SRTM dengan resolusi 30 meter. Pemilihan DEM SRTM 30 meter dilakukan karena data ini tersedia gratis, memiliki cakupan luas, dan mudah diolah untuk analisis hidrologi seperti perhitungan lereng, arah aliran, dan TWI. Resolusi 30 meter dinilai cukup untuk pemetaan kerawanan banjir pada skala kecamatan. Secara singkat alur penelitian digambarkan sebagaimana Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Banjir merupakan bencana yang berkaitan dengan topografi. Kondisi topografi akan mempengaruhi tempat terjadinya akumulasi air (Bannari et al., 2017; Barrocu & Eslamian, 2022). Berdasarkan hasil analisis, nilai TWI di Sungai Ambawang berkisar antara -0,318 sampai dengan 15,100. Untuk lebih jelasnya nilai TWI daerah studi dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 3. Nilai TWI Sungai Ambawang (Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan hasil perhitungan dan pemetaan TWI di daerah penelitian didapat paling rendah bernilai -0,318 dan tertinggi 15,100. Semakin besar nilai TWI menunjukkan bahwa daerah tersebut merupakan akumulasi air (Adnyana & Wiguna, 2025; Berhanu & Bisrat, 2018; Meles et al., 2020). Memanfaatkan tool reklasifikasi dalam SIG, dengan metode *quantile* nilai TWI diklasifikasikan menjadi tiga kelas, yaitu

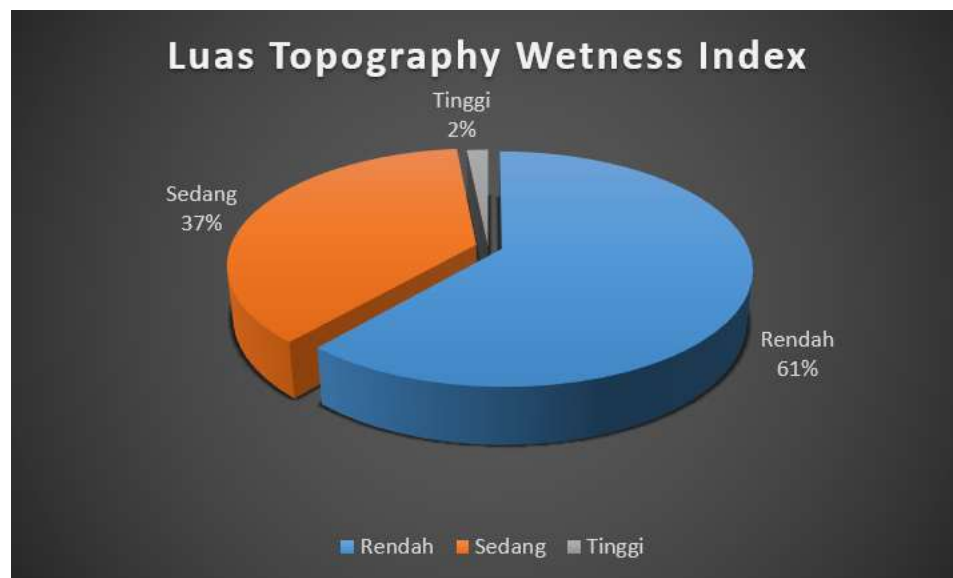
rendah, sedang dan tinggi sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kelas Kerawanan, Luas dan Persentase

Kelas Kerawanan	Nilai TWI	Luas	%
Rendah	-0,318 – 1,243	63.028,86	61,42
Sedang	1,243 – 6,454	37.931,2	36,96
Tinggi	6,524 – 15,100	1.661,77	1,62

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis diketahui daerah penelitian mempunyai tiga kelas kerawanan, yaitu kelas kerawanan rendah, sedang dan tinggi. Kelas kerawanan rendah memiliki luas sebaran 63.028,86 ha (61,42% dari total luas wilayah), sedangkan kelas kerawanan sedang memiliki luas sebaran 37.931,2 ha (36,96 %), dan kelas kerawanan tinggi memiliki luas sebaran 1.661,77 ha (1,62%). Secara jelas juga dapat dilihat di diagram lingkaran sebagai berikut.



Gambar 3. Luas Kelas Topographic Wetness Index Sungai Ambawang

Berdasarkan data tersebut di atas maka perlu adanya upaya antisipasi dan juga pengelolaan banjir di Sungai Ambawang yang diprioritaskan pada wilayah dengan kerawanan sedang dan tinggi. Wilayah prioritas yang mempunyai kerawanan sedang sebagian besar tersebar di desa Sungai Ambawang Kuala, Mega Timur, Sungai Durian, Jawa Tengah, Korek, Pancaroba, Simpang Kanan, Puguk, Pasak, Lingga, Bengkarek dan desa Pasak Piang. Luas secara keseluruhan adalah 37.931,2 ha (37%). Wilayah dengan prioritas kerawanan tinggi sebagian tersebar di desa Sungai Ambawang Kuala, Mega Timur, Sungai Durian, Jawa Tengah, Korek, Panca Roba, Simpang Kanan, Puguk, Pasak, Lingga, Bangkarek, Pasak Piang, dan Teluk Bakung. Luas secara keseluruhan wilayah ini adalah 1.661,77 ha (2%).

Wilayah dengan sekala prioritas tinggi sebagian besar berada pada area yang dekat dengan jalur sungai utama dan pada cabang-cabang sungai yang relatif besar. Hal ini terjadi karena sering meluapnya air sungai yang tidak bisa ditampung oleh sungai itu sendiri akibat pasokan air dari hulu yang relatif besar. Selain itu juga disebabkan daerah ini sebagian besar wilayahnya bertopografi datar.

Pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengurangi risiko bencana banjir adalah melalui metode teknis seperti normalisasi sungai, peningkatan kesadaran masyarakat

untuk peduli terhadap lingkungan, dan pemulihan daerah sempadan sungai (Adamopoulos et al., 2024; Adnyana & Wiguna, 2025; Ginting et al., 2025; Raimondi et al., 2020; Serra-Llobet et al., 2022; Tyas et al., 2022). Penataan ruang yang baik dapat mengurangi terjadinya bencana banjir yang berulang. Penggunaan TWI dalam penentuan bahaya banjir efektif mengikuti kondisi di lapangan (Pourali et al., 2016; Riadi et al., 2018; Zhou et al., 2021). Metode ini dapat digunakan untuk melakukan kajian cepat banjir. Untuk pemodelan banjir yang lebih rinci, diperlukan resolusi data DEM dan data parameter banjir yang lebih rinci, seperti curah hujan dan jenis tanah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis diketahui daerah penelitian mempunyai tiga kelas kerawanan, yaitu kelas kerawanan rendah, sedang dan tinggi. Kelas kerawanan rendah memiliki luas sebaran 63.028,86 ha (61,42% dari total luas wilayah), sedangkan kelas kerawanan sedang memiliki luas sebaran 37.931,2 ha (36,96 %), dan kelas kerawanan tinggi memiliki luas sebaran 1.661,77 ha (1,62%). Penggunaan TWI dalam penentuan bahaya banjir efektif mengikuti kondisi di lapangan. TWI terbukti efektif sebagai metode sederhana dan ekonomis untuk mengidentifikasi area rawan banjir berdasarkan faktor topografi, seperti lereng dan akumulasi aliran air. Nilai TWI tinggi cenderung memiliki kerawanan banjir lebih besar karena akumulasi air yang lebih tinggi di daerah datar atau cekungan. Pemetaan ini mendukung perencanaan mitigasi banjir, seperti normalisasi sungai, peningkatan kesadaran masyarakat, dan prioritas pengelolaan di distrik rawan. Dampak banjir, termasuk kerugian pertanian dan sosioekonomi, dapat diminimalkan dengan strategi berbasis data spasial ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada LPPM Universitas PGRI Pontianak yang telah mendanai penelitian ini dengan Nomor Kontrak: 038/L.135/PNK/08/2025, sehingga penelitian ini dapat selesai. Terima kasih juga kami sampaikan kepada Pemerintah Kecamatan Ambawang atas bantuannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamopoulos, I., Frantzana, A., & Syrou, N. (2024). Climate crises associated with epidemiological, environmental, and ecosystem effects of a storm: Flooding, landslides, and damage to urban and rural areas (Extreme weather events of Storm Daniel in Thessaly, Greece). *Medical Sciences Forum*, 25(1), 7.
- Adnyana, I. M., & Wiguna, P. P. K. (2025). Modelling of flood hazard using topographic wetness index in Yeh Ho Watershed, Bali, Indonesia. *BIO Web of Conferences*, 159, 4002.
- Ahmad, A. (2017). Mengenal artificial intelligence, machine learning, neural network, dan deep learning. *J. Teknol. Indones.*, No. October, 3.
- Albano, R., Samela, C., Crăciun, I., Manfreda, S., & ... (2020). Large scale flood risk mapping in data scarce environments: An application for Romania. *Water*. <https://www.mdpi.com/753226>
- Bannari, A., Ghadeer, A., El-Battay, A., Hameed, N. A., & Rouai, M. (2017). Detection of areas associated with flash floods and erosion caused by rainfall storm using topographic attributes, hydrologic indices, and GIS. *Global Changes and Natural Disaster Management: Geo-Information Technologies*, 155–174.
- Barrocu, G., & Eslamian, S. (2022). Geomorphology and flooding. In *Flood Handbook* (pp. 23–54). CRC Press.

- Berhanu, B., & Bisrat, E. (2018). Identification of surface water storing sites using topographic wetness index (TWI) and normalized difference vegetation index (NDVI). *JNRD-Journal of Natural Resources and Development*, 8, 91–100.
- Bukvic, A., & Harrald, J. (2019). Rural versus urban perspective on coastal flooding: The insights from the US Mid-Atlantic communities. *Climate Risk Management*, 23, 7–18.
- Climate-ADAPT. (2023). *Portugal — Climate-adapt. The European Climate Adaptation Platform*. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/countries-regions/countries/portugal>. Costache, R., Pha.
- Coccia, G., Ceresa, P., Bussi, G., Denaro, S., Bazzurro, P., Martina, M., Fagà, E., Avelar, C., Ordaz, M., & Huerta, B. (2023). Large-scale flood risk assessment in data scarce areas: an application to Central Asia. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, 2023, 1–33.
- Cutter, S. L., Ash, K. D., & Emrich, C. T. (2016). Urban–rural differences in disaster resilience. *Annals of the American Association of Geographers*, 106(6), 1236–1252.
- Deslauriers, S., & Mahdi, T.-F. (2018). Flood modelling improvement using automatic calibration of two dimensional river software SRH-2D. *Natural Hazards*, 91, 697–715.
- Ginting, D. S., Sugiarto, A., & Nuraini, C. (2025). The Effect Of Normalization On Community Behavior And Community Quality In Stabat District, Langkat Regency. *International Conference on Artificial Intelligence, Navigation, Engineering, and Aviation Technology*, 2.
- Henstra, D., Minano, A., & Thistlethwaite, J. (2019). Communicating disaster risk? An evaluation of the availability and quality of flood maps. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 19(1), 313–323.
- Hsu, C.-Y., & Li, W. (2023). Explainable GeoAI: can saliency maps help interpret artificial intelligence’s learning process? An empirical study on natural feature detection. *International Journal of Geographical Information Science*, 37(5), 963–987.
- Hsu, C.-Y., Li, W., & Wang, S. (2021). Knowledge-driven GeoAI: Integrating spatial knowledge into multi-scale deep learning for Mars Crater detection. *Remote Sensing*, 13(11), 2116.
- Hu, Y., Gao, S., Lunga, D., Li, W., Newsam, S., & Bhaduri, B. (2019). GeoAI at ACM SIGSPATIAL: progress, challenges, and future directions. *Sigspatial Special*, 11(2), 5–15.
- Kuntla, S. K. (2021). An era of Sentinels in flood management: Potential of Sentinel-1,-2, and-3 satellites for effective flood management. *Open Geosciences*, 13(1), 1616–1642.
- Li, W. (2020). GeoAI: Where machine learning and big data converge in GIScience. *Journal of Spatial Information Science*, 20, 71–77.
- Li, W., Hsu, C.-Y., & Hu, M. (2021). Tobler’s First Law in GeoAI: A spatially explicit deep learning model for terrain feature detection under weak supervision. *Annals of the American Association of Geographers*, 111(7), 1887–1905.
- Li, W., Hsu, C.-Y., Wang, S., Witharana, C., & Liljedahl, A. (2022). Real-time GeoAI for high-resolution mapping and segmentation of arctic permafrost features: the case of ice-wedge polygons. *Proceedings of the 5th ACM SIGSPATIAL International Workshop on AI for Geographic Knowledge Discovery*, 62–65.
- Li, W., Lee, H., Wang, S., Hsu, C.-Y., & Arundel, S. T. (2023a). Assessment of a new GeoAI foundation model for flood inundation mapping. *Proceedings of the 6th ACM SIGSPATIAL International Workshop on AI for Geographic Knowledge Discovery*, 102–109.
- Li, W., Lee, H., Wang, S., Hsu, C. Y., & Arundel, S. T. (2023b). Assessment of a new GeoAI foundation model for flood inundation mapping. *GeoAI 2023 - Proceedings of the 6th ACM SIGSPATIAL International Workshop on AI for Geographic Knowledge Discovery*, 102–109. <https://doi.org/10.1145/3615886.3627747>
- Li, W., Song, M., Zhou, B., Cao, K., & Gao, S. (2015). Performance improvement techniques for geospatial web services in a cyberinfrastructure environment—A case study with a disaster management portal. *Computers, Environment and Urban Systems*, 54, 314–325.
- Meileni, H., & Sylvia, M. (2023). Detection of Flood-Prone Areas Using Geospatial Data with Deep Learning Method Approach. *Proceedings of the 6th FIRST 2022 International*

Conference (FIRST-ESCSI 2022), 14, 458.

- Meles, M. B., Younger, S. E., Jackson, C. R., Du, E., & Drover, D. (2020). Wetness index based on landscape position and topography (WILT): Modifying TWI to reflect landscape position. *Journal of Environmental Management*, 255, 109863.
- Merwade, V. (2019). Terrain Processing using Arc Hydro/GeoHMS. *Terrain Process Using ArcHydro/GeoHMS.[Internet]*, 1–21.
- Mshelia, Z. H., Nyam, Y. S., Moisés, D. J., & Belle, J. A. (2024). Geospatial analysis of flood risk hazard in Zambezi Region, Namibia. *Environmental Challenges*, 15, 100915.
- Papaioannou, G., Efstratiadis, A., Vassiliades, L., Loukas, A., Papalexiou, S. M., Koukouvinos, A., Tsoukalas, I., & Kossieris, P. (2018). An operational method for flood directive implementation in ungauged urban areas. *Hydrology*, 5(2), 24.
- Patel, D. P., Ramirez, J. A., Srivastava, P. K., Bray, M., & Han, D. (2017). Assessment of flood inundation mapping of Surat city by coupled 1D/2D hydrodynamic modeling: a case application of the new HEC-RAS 5. *Natural Hazards*. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2956-6>
- Pourali, S. H., Arrowsmith, C., Chrisman, N., Matkan, A. A., & Mitchell, D. (2016). Topography wetness index application in flood-risk-based land use planning. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 9, 39–54.
- Purwanto, A., Andrasmo, D., & Eviliyanto, E. (2024). Flood Vulnerability Analysis Based on GIS and Remote Sensing at Silat Hulu. *Indonesian Journal of Geography*, 56(2).
- Purwanto, A., Rustam, R., Andrasmo, D., & Eviliyanto, E. (2022). Flood Risk Mapping Using GIS and Multi-Criteria Analysis at Nanga Pinoh West Kalimantan Area. *Indonesian Journal of Geography*, 54(3).
- Raimondi, F., Dresti, C., & Marchioni, M. (2020). Integrated strategies for river restoration and land re-naturalization in urban areas: a case study in Milan, Italy. *Urban Water Systems & Floods III*, 194(12), 11123.
- Rentschler, J., Salhab, M., & Jafino, B. A. (2022a). Flood exposure and poverty in 188 countries. *Nature Communications*, 13(1), 3527.
- Rentschler, J., Salhab, M., & Jafino, B. A. (2022b). *Flood risk already affects 1.81 billion people. Climate change and unplanned urbanization could worsen exposure. World Bank Blogs. Climate change and unplanned urbanization could worsen exposure.* <http://web.archive.org/web/20080207010024/http://www.808m>.
- Rezvani, S. M., Gonçalves, A., Silva, M. J. F., & de Almeida, N. M. (2024). Smart hotspot detection using geospatial artificial intelligence: A machine learning approach to reduce flood risk. *Sustainable Cities and Society*, 115(September). <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105873>
- Rezvani, S. M. H. S., Silva, M. J. F., & Almeida, N. M. de. (2024). Mapping geospatial AI flood risk in national road networks. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(9), 323.
- Rhubart, D., & Sun, Y. (2021). The social correlates of flood risk: variation along the US rural–urban continuum. *Population and Environment*, 43, 232–256.
- Riadi, B., Barus, B., Yanuar, M. J. P., & Pramudya, B. (2018). Identification and delineation of areas flood hazard using high accuracy of DEM data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 149(1), 12035.
- Saharia, M., Kirstetter, P.-E., Vergara, H., Gourley, J. J., & Hong, Y. (2017). Characterization of floods in the United States. *Journal of Hydrology*, 548, 524–535.
- Sein, K. K., & Myint, T. (2016). Flood hazard mapping using hydraulic model and GIS: a case study in Mandalay city, Myanmar. In *Suan Sunandha Science and Technology Journal*. academia.edu. https://www.academia.edu/download/76456285/Vol3_No1_003.pdf
- Serra-Llobet, A., Jähnig, S. C., Geist, J., Kondolf, G. M., Damm, C., Scholz, M., Lund, J., Opperman, J. J., Yarnell, S. M., & Pawley, A. (2022). Restoring rivers and floodplains for habitat and flood risk reduction: experiences in multi-benefit floodplain management from California and Germany. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 778568.
- Shastri, A., & Durand, M. (2019). Utilizing flood inundation observations to obtain floodplain

- topography in data-scarce regions. *Frontiers in Earth Science*, 6, 243.
- Thalakkottukara, N. T., Thomas, J., Watkins, M. K., Holland, B. C., Oommen, T., & Grover, H. (2024). Suitability of the height above nearest drainage (HAND) model for flood inundation mapping in data-scarce regions: a comparative analysis with hydrodynamic models. *Earth Science Informatics*, 17(3), 1907–1921.
- Tyas, T. H., Sutisna, S., Supriyatno, M., & Widana, I. (2022). Lesson learned from Japan for flood disaster risk reduction in Indonesia. *Technium Soc. Sci. J.*, 28, 539.
- Ullah, K., & Zhang, J. (2020). GIS-based flood hazard mapping using relative frequency ratio method: A case study of Panjkora River Basin, eastern Hindu Kush, Pakistan. *Plos One*, 15(3), e0229153.
- Wang, H., Liu, C., Jiang, D., & Jiang, Z. (2021). Collaborative deep learning framework for fault diagnosis in distributed complex systems. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 156, 107650.
- Wang, S., & Li, W. (2021). GeoAI in terrain analysis: Enabling multi-source deep learning and data fusion for natural feature detection. *Computers, Environment and Urban Systems*, 90, 101715.
- Winzeler, H. E., Owens, P. R., Read, Q. D., Libohova, Z., Ashworth, A., & Sauer, T. (2022). Topographic wetness index as a proxy for soil moisture in a hillslope catena: flow algorithms and map generalization. *Land*, 11(11), 2018.
- Zhang, H., Loáiciga, H. A., Feng, L., He, J., & Du, Q. (2021). Setting the flow accumulation threshold based on environmental and morphologic features to extract river networks from digital elevation models. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(3), 186.
- Zhou, Q., Su, J., Arnbjerg-Nielsen, K., Ren, Y., Luo, J., Ye, Z., & Feng, J. (2021). A GIS-Based Hydrological Modeling Approach for Rapid Urban Flood Hazard Assessment. *Water*, 13(11), 1483.