

**PEMETAAN POTENSI GENANGAN BANJIR BERDASARKAN TOPOGRAPHIC WETNESS  
INDEX DI DAERAH ALIRAN SUNGAI BARUMUN BILAH**

*(Mapping on the Potential Flood Inundation Based on Topographic Wetness Index of  
Barumun Bilah Watershed)*

Masitoh Munthe<sup>1\*</sup>, Nursida Arif<sup>2</sup>, dan Dyah Respati Suryo Sumunar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Magister Pendidikan Geografi, FISIP, Universitas Negeri Yogyakarta  
Jl. Colombo No.1, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

<sup>2</sup>Departemen Pendidikan Geografi, FISIP, Universitas Negeri Yogyakarta  
Jl. Colombo No.1, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

\*Email: masitohmunthe.2023@student.uny.ac.id

Diterima: 11 Desember 2024, Direvisi : 17 Juni 2025, Disetujui : 23 Juni 2025

**ABSTRACT**

*Barumun Bilah watershed covers large rivers, including the Bilah River and the Barumun River. These two rivers often overflow during the rainy season, causing the areas next to the rivers to be flooded. This research aims to map the distribution of flood-prone areas in the Barumun Bilah Watershed. This study utilized a geographic information system (GIS) to process DEM (Digital Elevation Model) data using the Topographic Wetness Index (TWI) method. The results of the analysis were in the form of a map depicting three classes of potential flooding in the area flowed by the Barumun Bilah Watershed, namely the high class covering an area of 247,524.40 ha, the medium category covering an area of 537,620.82 ha, and the low category covering an area of 513,558.70 ha. Bilah Hulu, Labuhanbatu, North Sumatera province, is the largest area in the high class flood potential category with an area of 24,711 Ha. The resulting map provides spatial information that could be used as the basis for producing planning documents such as Regional Spatial Plans (RTRW), designing disaster risk mitigation strategies for the community, and determining flood control policies in sub-districts with a high TWI category.*

**Keywords: floods; Barumun Bilah Watershed; Topographic Wetness Index; mapping**

**ABSTRAK**

Daerah Aliran Sungai (DAS) Barumun Bilah memiliki sungai besar yang mengalir yakni Sungai Barumun dan Sungai Bilah. Kedua sungai ini seringkali meluap ketika musim hujan sehingga wilayah yang dialiri oleh sungai tersebut dilanda banjir. Tujuan dari penelitian ini adalah memetakan sebaran potensi genangan wilayah kabupaten di DAS Barumun Bilah.

Penelitian ini memanfaatkan sistem informasi geografis (SIG) untuk mengolah data DEM (*Digital Elevation Model*) dengan metode *Topographic Wetness Index* (TWI). Hasil analisis berupa peta yang menggambarkan 3 kelas potensi genangan pada wilayah DAS Barumun Bilah yaitu kelas tinggi seluas 247.524,40 ha, kategori sedang seluas 537.620,82 ha, dan kategori rendah seluas 513.558,70 ha. Kecamatan Bilah Hulu, Kabupaten Labuhanbatu, Provinsi Sumatera Utara merupakan wilayah paling luas dalam kategori potensi genangan banjir kelas tinggi seluas 24.711 Ha. Peta yang dihasilkan memberikan informasi spasial yang dapat digunakan sebagai dasar untuk penyusunan dokumen perencanaan seperti Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), perancangan strategi mitigasi risiko bencana bagi masyarakat, dan penetapan kebijakan pengendalian banjir di kecamatan-kecamatan dengan kategori TWI tinggi.

**Kata kunci: banjir; DAS Barumun Bilah; *Topographic Wetness Index*; pemetaan**

## I. PENDAHULUAN

Banjir menjadi bencana yang sering terjadi di Indonesia juga di dunia. Di saat musim hujan banjir akan menjadi ancaman bencana rutin bagi penduduk. Banjir sebagai fenomena alam menjadi ancaman bahaya ketika berdampak negatif seperti kerusakan infrastruktur, korban atau hilangnya nyawa manusia, dan kerugian pada lingkungan yang terdampak baik secara sosial maupun ekonomi (Septiady & Sudaryatno, 2018). Banjir merupakan bencana hidrometeorologi yang tergolong berdampak besar bagi masyarakat Indonesia (Septian, Sabri, & Hadi, 2023). Secara hidrologis, banjir terjadi di dalam cakupan suatu DAS, khususnya di wilayah dataran rendah seperti hilir sungai, tepian sungai atau cekungan yang memiliki potensi genangan lebih tinggi. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa aspek seperti bentuk dan kerapatan sungai, aspek hukum gerak air atau hidrolika serta bentuk daerahnya (Ramadhan, Harnani, & Setiawan, 2022).

Banyak faktor yang menyebabkan banjir seperti hujan lebat dengan durasi yang

sangat lama secara terus menerus (hujan di atas normal), saluran drainase yang tersumbat di wilayah perkotaan, rusaknya tanggul, dan berkurangnya lahan resapan sebagai akibat perubahan penggunaan lahan, serta faktor-faktor fisik lainnya (Mataburu, Handawati, & Nugratama, 2022). Topografi menjadi salah satu faktor yang memiliki peranan besar terkait penyebaran spasial keadaan hidrologi (Sørensen, Zinko, & Seibert, 2006). Jika suatu daerah memiliki kemiringan lereng yang tinggi maka turunnya air hujan ke lahan akan mudah mengalir menjadi aliran permukaan, akan tetapi jika suatu daerah memiliki kemiringan lereng rendah atau relatif datar maka air dapat menggenang sehingga daerah tersebut juga lebih rawan terkena banjir (Karana & Suprihardjo, 2013; Miardini & Saragih, 2019). Keadaan topografi juga berhubungan dengan besaran curah hujan yang diterima. Pada daerah *windward* diperoleh curah hujan yang banyak dikarenakan daerah tersebut menghadap ke arah datangnya peredaran angin daripada daerah yang membelakangi peredaran angin atau dikenal dengan

*leeward* (Harijono, 2008). Selain faktor topografi, jarak kedekatan suatu wilayah dengan sungai juga menjadi faktor yang berpengaruh dalam peristiwa banjir (Syarif, 2021). Suatu wilayah yang memiliki jarak dekat dengan sungai, maka semakin tinggi pula peluang terjadinya banjir di wilayah tersebut (Kusumo, Probo, & Nursari, 2016).

Berdasarkan Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI), Indonesia mengalami 1.255 kejadian bencana banjir pada tahun 2023. Dari banyaknya kasus bencana banjir tersebut, wilayah yang paling banyak mengalami berada pada pulau Sumatera dengan 233 kasus. Di antara beberapa provinsi yang berada pada pulau tersebut, Sumatera Utara mengalami bencana banjir yang paling banyak, yaitu 112 kejadian pada tahun 2023 (BNPB, 2024). Dalam kurun waktu 1 tahun, angka ini tergolong sangat tinggi untuk ukuran kejadian bencana yang dialami suatu wilayah karena berdampak merugikan korban (Rahmasari, Rifany, Priharyanto, & Kurniawan, 2024). Adapun dampak dari bencana banjir di Provinsi Sumatera Utara ialah 102 orang terluka, 11 orang hilang, 10 orang korban meninggal, dan memberi efek penderitaan kepada sebanyak 158 ribu orang di provinsi tersebut (BNPB, 2024). Berdasarkan data yang bersumber dari Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Provinsi Sumatera Utara Periode 2013-2033, diketahui bahwa Sumatera Utara memiliki 72 DAS dan 3 DAS dengan kondisi hidrologi yang terdiri atas air permukaan yaitu rawa, air bawah tanah, danau, dan sungai (Sumutprov, 2013). Pada penelitian ini dipilih salah satu DAS di Sumatera Utara yang belum pernah dikaji dan sering mengalami banjir yaitu DAS Barumun Bilah.

Untuk mengatasi terjadinya banjir di kemudian hari penting adanya penelitian untuk mengetahui persebaran wilayah yang berpotensi banjir. Salah satu cara mendeteksi wilayah yang merupakan daerah rawan banjir ialah dengan menggunakan metode *Topographic Wetness Index (TWI)*. TWI atau yang disebut sebagai indeks kelembapan topografi pertama kali dikembangkan pada tahun 1979 oleh Kirby dan Beven sebagai bagian dari pemodelan limpasan (Latue, 2023). Dengan metode ini akan diketahui nilai index kebasahan lahan secara kuantitatif karena nilai efek topografi lokal dapat diketahui melalui TWI terhadap kondisi elevasi, limpasan air hujan, dan morfologi suatu daerah, dengan asumsi bahwa daerah tersebut rawan bencana banjir khususnya banjir genangan (Mahfudz, Riadi, & Rifaldi, 2022). Akumulasi air yang terdapat pada cekungan suatu daerah akibat kondisi topografi dan kemiringan lereng dapat dideteksi melalui metode TWI (Ramadhan *et al.*, 2022). Perhitungan TWI didasarkan pada data *Digital Elevation Model (DEM)* atau *Digital Terrain Model (DTM)* dari suatu daerah (Budiharso & Momongan, 2023).

Beberapa penelitian relevan yang menunjukkan efektivitas TWI dalam analisis banjir seperti Laswanto, Sunarti, & Zuhdi (2025) menampilkan peta rawan banjir di DAS Kenali Besar Kota Jambi dengan pengolahan data Digital Terrain Model menggunakan GIS. Hasil penelitian tersebut menunjukkan konsistensi antara area dengan nilai TWI tinggi dan kejadian banjir yang tercatat di lapangan. Penelitian lainnya ialah penelitian oleh Budiharso &

Momongan (2023) yang mengkaji potensi bahaya banjir di kota Manado menggunakan metode TWI. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut adalah nilai TWI yang tinggi memiliki keterkaitan kuat dengan wilayah yang berpotensi mengalami banjir. Nilai TWI dapat dimanfaatkan untuk menentukan daerah rawan banjir genangan, namun metode ini tidak efektif digunakan untuk mendeteksi banjir bandang yang terjadi di suatu wilayah karena faktor penyebabnya yang lebih kompleks (Nucifera & Putro, 2017). Banjir genangan membutuhkan parameter lain seperti penelitian yang dilakukan oleh Dhiniati & Dinata (2022) yang mengidentifikasi kerentanan banjir bandang di sub DAS Air Mulak. Dalam penilaian kerawanan banjir bandang tersebut peneliti menggunakan TWI bersama dengan parameter lain, tidak hanya menyoroti TWI sebagai indikator utama.

Pemetaan wilayah yang berpotensi banjir menggunakan TWI dapat membantu pihak-pihak yang akan mengambil keputusan dalam merencanakan langkah efektif terkait manajemen bencana, pengelolaan wilayah dan sumber daya alam (Muin, Somae, & Rakuasa, 2023). Pemetaan digital dengan memanfaatkan sistem informasi geografis (SIG) menjadi salah satu cara efektif untuk memetakan wilayah yang berpotensi banjir (Restianto, Poniman, & Supriyatno, 2023). Berdasar hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran genangan wilayah kabupaten yang dilintasi oleh Sungai

Barumun Bilah yang berpotensi banjir dengan menggunakan TWI.

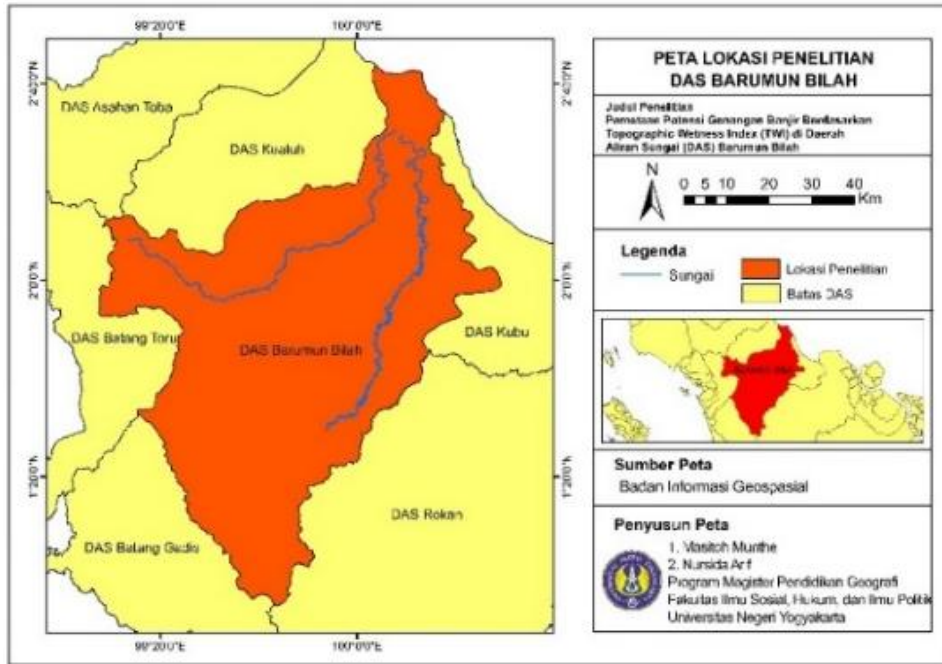
## II. BAHAN DAN METODE

### A. Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilakukan pada November 2024 di DAS Barumun Bilah yang berada dalam wilayah kerja Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Asahan Barumun, Region Sumatera. DAS Barumun Bilah mempunyai luas 1.338.385,97 Ha. DAS Barumun Bilah meliputi 9 kabupaten yakni Labuhanbatu Utara, Labuhanbatu, Labuhanbatu Selatan, Rokan Hilir, Padang Lawas Utara, Tapanuli Utara, Padang Lawas, Tapanuli Selatan, dan Toba Samosir. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.

### B. Bahan dan Alat

Penelitian menggunakan beberapa bahan yaitu DEM (*Digital Elevation Model*) SRTM 30 m yang diunduh melalui link <https://www.indonesia-geospasial.com>, serta batas DAS seluruh Indonesia dan data batas administrasi kabupaten/kota yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Peralatan yang digunakan berupa perangkat keras maupun lunak yaitu laptop dan aplikasi *ArcGIS 10.8* sebagai alat mengolah dan menyajikan data spasial. Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) akan memudahkan pengolahan data dan penyampaian informasi kewilayahan seperti tingkat potensi genangan banjir di suatu wilayah (Nurmalasari, Awaluddin, & Nugraha, 2023).

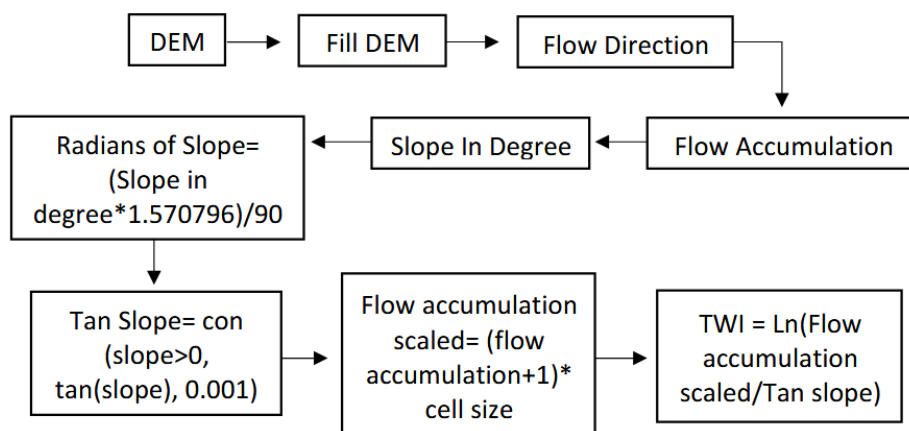


Gambar (Figure) 1. Peta Lokasi Penelitian (Research location map)  
 Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (GIS analysis results, 2024)

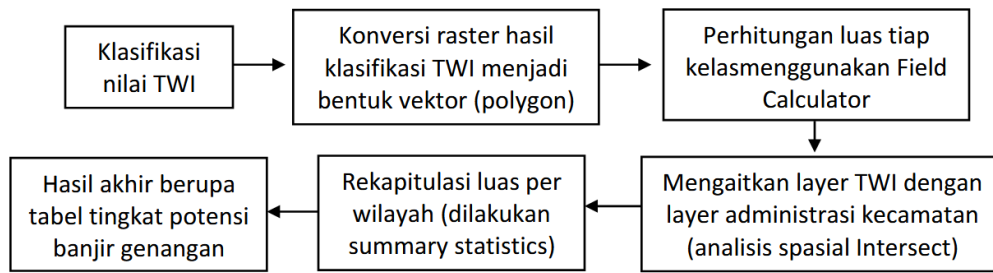
### C. Metode Penelitian

Penentuan wilayah yang memiliki potensi banjir pada DAS Barumun Bilah dilakukan dengan metode *TWI* yakni menggambarkan kondisi topografi dengan angka atau nilai kebasahan lahan. Analisis yang dilakukan berupa analisa spasial dengan sistem tumpang susun peta menggunakan ArcGIS. Berikut Gambar 2 menyajikan diagram alir perhitungan *TWI*.

Tahapan analisis setelah perhitungan *TWI* adalah pengelompokan area berdasarkan potensi kerawanan genangan banjir. Klasifikasi kelas potensi genangan banjir dibagi menjadi 3 kelas (rendah, sedang, dan tinggi) menggunakan metode Natural Breaks (Jenks), seperti terlihat pada Gambar 3. Perolehan data hasil deteksi kerawanan banjir divalidasi dengan kajian historis kebencanaan.



Gambar (Figure) 2. Diagram Alir Perhitungan *TWI* (TWI Calculation Flow Chart)  
 Sumber (Source): Modifikasi dari (Modified from) Uca, Lamada, Nyompa, & Haris (2022); Budiharso & Momongan (2023)



Gambar (Figure) 3. Diagram Alir Analisis Nilai Potensi Kerawanan Genangan Banjir (Flowchart of Flood Inundation Potential Value Analysis)

Sumber (Source): Modifikasi dari (Modified from) Laswanto et al. (2025)

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebaran tingkat TWI yang dihasilkan dari proses pengolahan data pada aplikasi ArcGIS disajikan dalam Tabel 1 dan Gambar 4. Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 4, diketahui bahwa ada 3 kelas potensi genangan banjir di DAS Barumun Bilah yaitu kelas rendah, sedang dan tinggi.

Total luas wilayah yang dihitung berdasarkan klasifikasi pada Tabel 1 memiliki perbedaan dengan total luas wilayah DAS Barumun Bilah. Selisih antara kedua luas tersebut adalah 1.338.385,97 (luas DAS Barumun Bilah) – 1.298.703,93 (total luas wilayah berdasarkan kelas TWI) = 39.682,04 ha (396,82 km<sup>2</sup>) atau sekitar 3% dari total DAS. Dari hasil analisis spasial, perbedaan tersebut diduga disebabkan oleh sebagian kecil area yang tidak terekstraksi saat *overlay*, serta kemungkinan celah spasial antara batas

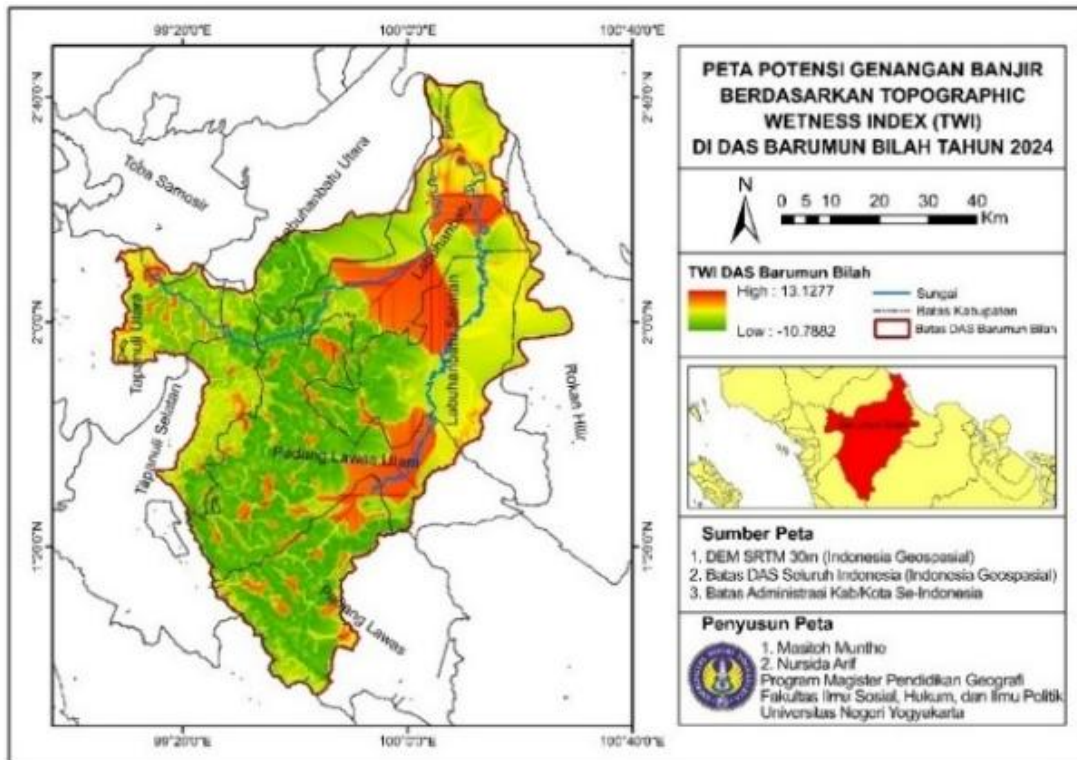
administratif dengan data raster TWI. Rincian luas wilayah yang berpotensi genangan banjir pada masing-masing kecamatan dari 9 kabupaten di DAS Barumun Bilah ditampilkan pada Tabel 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10.

Kabupaten Labuhanbatu Utara terdiri atas 8 kecamatan, namun yang termasuk kedalam DAS Barumun Bilah ada 5 kecamatan (Tabel 2). Wilayah kabupaten ini didominasi dengan kerawanan banjir sedang dan rendah (Tabel 2). Hal ini berkaitan dengan kondisi morfologi wilayah Labuhanbatu Utara berupa pegunungan atau perbukitan khususnya di beberapa bagian wilayah selatan seperti kecamatan Aek Natas, Marbau, dan NA IX-X. Terdapat 2 kecamatan yang luas wilayahnya banyak tercakup kedalam DAS Bilah yaitu kecamatan Marbau dan kecamatan NA IX-X.

Tabel (Table) 1. Jumlah Luas Wilayah Berdasarkan Klasifikasi Kelas TWI DAS Barumun Bilah (Total Area Based on TWI Classification of Barumun Bilah Watershed)

Kelas TWI (TWI Class)	Rentang Nilai (Value Range)	Jumlah Luas Wilayah (Ha) (Area)
Rendah (low)	-10.7882 – -5.5269	513.558,70
Sedang (medium)	-5.5269 – 0.7326	537.620,82
Tinggi (high)	0,7326 – 13.1277	247.524,40
Total		1.298.703,93

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (GIS analysis results, 2024)



Gambar (Figure) 4. Peta Potensi Genangan Banjir di DAS Barumun Bilah (Map of Potential Flood Inundation in the Barumun Bilah Watershed)

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (GIS analysis results, 2024)

Tabel (Table) 2. Luas wilayah potensi genangan banjir di Kabupaten Labuhanbatu Utara (The area of potential flood inundation in North Labuhanbatu Regency)

Kabupaten (District)	Kecamatan (Sub-District)	Kelas Kerawanan (Vulnerability Class)	Luas Kerawanan Banjir (Ha) (Area)
Labuhanbatu Utara	Aek Kuo	Rendah	174
		Sedang	791
	Aek Natas	Rendah	36
		Sedang	27
	Kualuh Hilir	Rendah	4
		Sedang	230
	Marbau	Rendah	12.219
		Sedang	22.748
		Tinggi	623
	Na IX - X	Rendah	21.767
Sedang		9.516	
		Tinggi	9

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (GIS analysis results, 2024)

Kabupaten Labuhanbatu merupakan salah satu daerah yang berada di kawasan Pantai Timur Sumatera Utara dengan morfologi dataran dan perbukitan. Sungai yang terdapat di kabupaten ini adalah

Sungai Bilah. Kecamatan Bilah Hulu menjadi wilayah paling luas dalam kategori potensi genangan banjir kelas tinggi seluas 24.711 Ha (Tabel 3). Hal ini dapat dilihat dari kejadian banjir yang setiap tahun

dialami pada beberapa kecamatan. Berdasarkan informasi dari dokumen Rencana Kontinjensi Desa N-4 Aek Nabara, Kecamatan Bilah Hulu, tahun 2023, diketahui bahwa terdapat 2 dusun yang tergenang oleh banjir dengan ketinggian air 1-1,5 meter. Beberapa faktor penyebab banjir tersebut adalah hujan yang terjadi hampir setiap hari pada bulan september hingga desember dengan intensitas cukup tinggi, adanya banjir kiriman dari hulu sungai serta pendangkalan Sungai Talihoran, sistem drainase di beberapa kawasan permukiman tidak efektif seperti di Dusun Pancasila, saluran air yang sering tersumbat oleh tanaman liar dan sampah, serta permukiman informal di tepi sungai yang juga mempengaruhi penyumbatan tersebut. Genangan air surut setelah 2 hari, dan benar-benar kering setelah 5 hari, hal tersebut dikarenakan ada beberapa kawasan yang berbentuk cekungan dan relatif datar di wilayah Desa N-4 Aek Nabara.

Penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Nucifera & Putro (2017) yang mendeteksi kerawanan banjir genangan menggunakan TWI di Kabupaten Kebumen. Hasil penelitian tersebut menggambarkan bahwa banjir yang terjadi dipicu oleh faktor hidrometeorologi, topografi, morfologi lahan, dan aktivitas manusia. Terdapat wilayah yang mengalami genangan air cukup lama dikarenakan topografi yang

datar cenderung kearah cekung, salah satunya di lahan pertanian penduduk.

Selain Labuhanbatu, kabupaten yang juga memiliki luas wilayah cukup besar di DAS Barumun Bilah adalah Labuhanbatu Selatan. Dari Tabel 4 dapat diketahui semua kecamatan yang ada di Kabupaten Labuhanbatu Selatan memiliki wilayah dengan potensi banjir genangan kelas tinggi. Hal ini sejalan dengan jumlah desa/kelurahan yang mengalami bencana banjir sepanjang tahun 2024 yaitu Sungai Kanan sebanyak 5 desa, Torgamba sebanyak 6 desa, Kotapinang sebanyak 5 desa, dan Kampung Rakyat sebanyak 3 desa (BPS, 2025). Banjir yang terjadi di Labuhanbatu Selatan umumnya disebabkan oleh intensitas curah hujan yang tinggi dan berlangsung lama menyebabkan naiknya debit air Sungai Barumun dan meluap hingga menggenangi lokasi yang berada di Kabupaten Labuhanbatu Selatan (BPBD Labuhanbatu Selatan, 2024).

Kabupaten di luar dari provinsi Sumatera Utara yang termasuk sebahagian wilayahnya ke dalam DAS Barumun Bilah adalah Rokan Hilir. Terdapat 4 kecamatan dengan potensi kerawanan banjir genangan didominasi oleh klasifikasi kelas kerawanan yang sedang. Tabel 5 menampilkan luas kerawanan banjir genangan masing-masing kecamatan yang ada di Rokan Hilir.

Tabel (Table) 3. Luas wilayah potensi genangan banjir di Kabupaten Labuhanbatu (*The area of potential flood inundation in Labuhanbatu Regency*)

Kabupaten (District)	Kecamatan (Sub-District)	Kelas Kerawanan (Vulnerability Class)	Luas Kerawanan Banjir (Ha) (Area)
Labuhanbatu	Bilah Barat	Rendah	10.057
		Sedang	3.478
		Tinggi	6.763
	Bilah Hilir	Rendah	329
		Sedang	27.009
		Tinggi	15.214
	Bilah Hulu	Rendah	3.002
		Sedang	1.610
		Tinggi	24.711
	Panai Hilir	Rendah	383
		Sedang	26.253
	Panai Hulu	Sedang	7.567
		Tinggi	10.933
	Panai Tengah	Rendah	1.090
		Sedang	28.498
		Tinggi	17.089
	Pangkatan	Rendah	1.250
		Sedang	13.582
		Tinggi	20.715
	Rantau Selatan	Rendah	734
		Sedang	4.323
Tinggi		1.375	
Rantau Utara	Rendah	3.439	
	Sedang	4.598	
	Tinggi	3.210	

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (*GIS analysis results, 2024*)

Tabel (Table) 4. Luas wilayah potensi genangan banjir di Kabupaten Labuhanbatu Selatan (*The area of potential flood inundation in South Labuhanbatu Regency*)

Kabupaten (District)	Kecamatan (Sub-District)	Kelas Kerawanan (Vulnerability Class)	Luas Kerawanan Banjir (Ha) (Area)
Labuhanbatu Selatan	Kampung Rakyat	Rendah	18.212
		Sedang	38.985
		Tinggi	13.718
	Kotapinang	Rendah	3.593
		Sedang	19.978
		Tinggi	10.484
	Silangkitang	Rendah	23.678
		Sedang	1.317
		Tinggi	5.375
	Sungai Kanan	Rendah	42.685
		Sedang	10.697
		Tinggi	16.236
	Torgamba	Sedang	78
		Tinggi	3.337

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (*GIS analysis results, 2024*)

Tabel (Table) 5. Luas wilayah potensi genangan banjir di Kabupaten Rokan Hilir (*The area of potential flood inundation in Rokan Hilir Regency*)

Kabupaten (District)	Kecamatan (Sub-District)	Kelas Kerawanan (Vulnerability Class)	Luas Kerawanan Banjir (Ha) (Area)
Rokan Hilir	Kubu	Sedang	5.098
	Kubu Babussalam	Sedang	1.258
	Pasir Limau Kapas	Sedang	12.682
		Tinggi	81
	Simpang Kanan	Sedang	4.587

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (*GIS analysis results, 2024*)

Kabupaten lainnya yang berada dalam DAS Barumun Bilah adalah Padang Lawas Utara. Padang Lawas Utara memiliki 12 kecamatan, dimana hampir keseluruhan wilayah masing-masing kecamatan termasuk ke dalam DAS Barumun Bilah. Rincian luas wilayah genangan banjir kabupaten Padang Lawas Utara dapat dilihat pada Tabel 6 yang menampilkan dominasi kerawanan banjir terluas adalah kelas rendah. Kecamatan yang memiliki wilayah terluas dengan potensi kerawanan banjir genangan tinggi adalah Padang Bolak. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Padang Lawas Utara terdapat 3 kecamatan yang mengalami bencana banjir sepanjang tahun 2024, yaitu kecamatan Simangambat sebanyak 12 desa yang terpapar banjir, kecamatan Ujung Batu sebanyak 8 desa, dan kecamatan Dolok sebanyak 2 desa. Dari data BPS tersebut dapat diketahui bahwa tidak semua wilayah dengan nilai TWI tinggi di kabupaten Padang Lawas Utara mengalami banjir. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat faktor non-topografi yang juga mempengaruhi kejadian genangan.

Kabupaten Tapanuli Utara memiliki 15 kecamatan, 4 diantaranya termasuk ke dalam DAS Barumun Bilah yaitu kecamatan

Garoga, Pahae Jae, Pangaribuan, dan Sipahutar. Pahae Jae merupakan kecamatan dengan luas wilayah kerawanan banjir yang terkecil dan masuk pada kategori sedang (Tabel 7). Luas yang dimaksud adalah wilayah yang berada dalam DAS Barumun Bilah.

Salah satu peristiwa banjir di kabupaten Tapanuli Utara yang terjadi di akhir tahun 2024 ialah kecamatan Pahae Jae. Berdasarkan informasi dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) kabupaten Tapanuli Utara bahwa titik lokasi kejadian banjir menimpa 3 daerah (kelurahan Pasar Sarulla kecamatan Pahae Jae, desa Parsaoran Samosir, dan desa Parsaoran Nainggolan). Banjir tersebut mengakibatkan kerusakan signifikan diantaranya sekitar 140 rumah terendam banjir, sekitar 100 Ha sawah rusak, terputusnya jalan utama maupun jalan penghubung antar dusun karena tertutupi dengan lumpur dan material lainnya (kayu, batu, pasir), rusaknya fasilitas umum seperti puskesmas dan pasar Sarulla. Kejadian banjir di Kecamatan Pahae Jae disebabkan oleh cuaca yang ekstrem dan faktor topografi yang dipengaruhi oleh aliran sungai.

Tabel (Table) 6. Luas wilayah potensi genangan banjir di Kabupaten Padang Lawas Utara (*The area of potential flood inundation in North Padang Lawas Regency*)

Kabupaten (District)	Kecamatan (Sub-District)	Kelas Kerawanan (Vulnerability Class)	Luas Kerawanan Banjir (Ha) (Area)
Padang Lawas Utara	Batang Onang	Rendah	24.759
		Sedang	3.331
		Tinggi	1.492
	Dolok	Rendah	37.515
		Sedang	8.348
		Tinggi	3.382
	Dolok Sigompulon	Rendah	17.380
		Sedang	5.807
		Tinggi	3.069
	Halongonan	Rendah	28.567
		Sedang	3.064
		Tinggi	1.591
	Halongonan Timur	Rendah	12.711
		Sedang	5.058
		Tinggi	11.361
	Hulu Sihapas	Rendah	5.363
		Sedang	1.314
		Tinggi	547
	Padang Bolak	Rendah	40.012
		Sedang	15.668
		Tinggi	23.534
	Padang Bolak Julu	Rendah	16.034
		Sedang	2.284
		Tinggi	1.326
	Padang Bolak Tenggara	Rendah	7.201
		Sedang	1.189
		Tinggi	1.103
Portibi	Rendah	16.127	
	Sedang	5.259	
	Tinggi	3.227	
Simangambat	Rendah	2.109	
	Sedang	10.921	
	Tinggi	22.740	
Ujung Batu	Sedang	10.193	
	Tinggi	10.998	

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (*GIS analysis results, 2024*)

Kabupaten Padang Lawas memiliki 17 kecamatan dan 13 diantaranya termasuk dalam kawasan DAS Barumon Bilah. Berdasarkan Tabel 8 dapat diketahui bahwa kecamatan terluas dengan kelas kerawanan yang tinggi adalah kecamatan

Huristak seluas 10.191 Ha. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Padang Lawas (2025), sepanjang tahun 2024 terdapat 47 desa/kelurahan yang mengalami banjir. Sebagian besar lokasi kejadian banjir berada di wilayah dengan

nilai TWI sedang dan tinggi, menunjukkan bahwa faktor topografi berperan dalam pembentukan genangan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ma'rufah *et al.*, (2024) yang mendeteksi kerawanan banjir genangan di sub DAS Way Katibung menggunakan metode TWI. Hasil penelitian tersebut menggambarkan daerah dengan nilai TWI rendah tidak berpotensi mengalami banjir genangan, sebaliknya daerah dengan nilai TWI tinggi paling rawan akan banjir genangan.

Kabupaten lainnya yang juga memiliki kecamatan cukup banyak adalah Tapanuli Selatan. Kabupaten ini terdiri atas 15 kecamatan dan 6 kecamatan diantaranya termasuk ke dalam DAS Barumon Bilah. Wilayah potensi banjir genangan kabupaten ini didominasi oleh kelas kerawanan sedang dan rendah seperti ditampilkan pada Tabel 9. Adapun kecamatan dengan luas kerawanan banjir terkecil adalah Sayur Matinggi seluas 7 Ha.

Kabupaten terakhir dalam DAS Barumon Bilah dengan luas wilayah terkecil

adalah Kabupaten Toba dengan 1 kecamatan yakni Borbor. Luas kecamatan Borbor yang termasuk ke dalam DAS Barumon Bilah sekitar 44,21%. Wilayah tersebut didominasi dengan kelas kerawanan banjir genangan yang sedang, diikuti kelas tinggi dan kemudian rendah (Tabel 10).

Peta sebaran tingkat potensi genangan banjir yang dihasilkan dari proses pengolahan metode TWI pada DAS Barumon Bilah menampilkan informasi penting bagi berbagai pihak untuk mengambil kebijakan. Pemerintah daerah khususnya di tingkat kabupaten dan kecamatan dapat memanfaatkan informasi spasial ini sebagai dasar dalam penyusunan dokumen perencanaan, salah satunya Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW). Peta yang diperoleh mendukung kebijakan perencanaan tata ruang wilayah yang lebih adaptif terhadap risiko bencana hidrometeorologi.

Tabel (Table) 7. Luas wilayah potensi genangan banjir di Kabupaten Tapanuli Utara (*The area of potential flood inundation in North Tapanuli Regency*)

Kabupaten (District)	Kecamatan (Sub-District)	Kelas Kerawanan (Vulnerability Class)	Luas Kerawanan Banjir (Ha) (Area)	
Tapanuli Utara	Garoga	Rendah	23.043	
		Sedang	18.840	
		Tinggi	4.598	
	Pahae Jae	Sedang	233	
		Pangaribuan	Rendah	5.652
			Sedang	18.245
	Sipahutar	Tinggi	2.045	
		Rendah	964	
		Sedang	5.022	
		Tinggi	2.120	

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (*GIS analysis results, 2024*)

Tabel (Table) 8. Luas wilayah potensi genangan banjir di Kabupaten Padang Lawas (*The area of potential flood inundation in Padang Lawas Regency*)

Kabupaten (District)	Kecamatan (Sub-District)	Kelas Kerawanan (Vulnerability Class)	Luas Kerawanan Banjir (Ha) (Area)
Padang Lawas	Aek Nabara Barumun	Rendah	20.308
		Sedang	2.632
		Tinggi	2.776
	Barumun	Rendah	7.094
		Sedang	4.334
		Tinggi	522
	Barumun Barat	Rendah	3.832
		Sedang	400
		Tinggi	461
	Barumun Baru	Rendah	1.179
		Sedang	189
		Tinggi	5
	Barumun Selatan	Rendah	5.558
		Sedang	4.232
		Tinggi	1.236
	Barumun Tengah	Rendah	7.117
		Sedang	3.597
		Tinggi	1.236
	Huristak	Rendah	8.039
		Sedang	6.910
		Tinggi	10.191
	Lubuk Barumun	Rendah	6.582
		Sedang	2.536
		Tinggi	1.725
	Sihapas Barumun	Rendah	3.379
		Sedang	1.060
		Tinggi	387
	Sosa Julu	Rendah	180
		Sedang	1.859
		Tinggi	1.089
Sosopan	Rendah	26.836	
	Sedang	8.396	
	Tinggi	5.520	
Ulu Barumun	Rendah	17.727	
	Sedang	1.978	
	Tinggi	181	
Ulu Sosa	Rendah	510	
	Sedang	569	

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (*GIS analysis results, 2024*)

Tabel (Table) 9. Luas wilayah potensi genangan banjir di Kabupaten Tapanuli Selatan (*The area of potential flood inundation in South Tapanuli Regency*)

Kabupaten (District)	Kecamatan (Sub-District)	Kelas Kerawanan (Vulnerability Class)	Luas Kerawanan Banjir (Ha) (Area)	
Tapanuli Selatan	Aek Bilah	Rendah	27.551	
		Sedang	12.517	
		Tinggi	817	
	Angkola Timur	Rendah	9.610	
		Sedang	1.441	
		Tinggi	241	
	Arse	Sedang	9.042	
		Tinggi	505	
	Saipardolokhole	Rendah	7.842	
		Sedang	23.326	
		Tinggi	3.426	
	Sayur Matinggi	Rendah	7	
		Sipirok	Rendah	3.196
			Sedang	12.831
			Tinggi	1.378

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (*GIS analysis results, 2024*)

Tabel (Table) 10. Luas wilayah potensi genangan banjir di Kabupaten Toba (*The area of potential flood inundation in Toba Regency*)

Kabupaten (District)	Kecamatan (Sub-District)	Kelas Kerawanan (Vulnerability Class)	Luas Kerawanan Banjir (Ha) (Area)
Toba	Borbor	Rendah	1.530
		Sedang	3.559
		Tinggi	2.722

Sumber (Source): Hasil analisis SIG, 2024 (*GIS analysis results, 2024*)

Klasifikasi TWI dari peta potensi genangan banjir di DAS Barumon Bilah memberikan informasi wilayah yang tergolong ke dalam kategori tinggi, sedang, dan rendah, sehingga pemerintah daerah dapat mengidentifikasi kecamatan yang berpotensi mengalami akumulasi air permukaan dan genangan saat musim hujan tiba. Hal ini bertujuan untuk menghindari pembangunan infrastruktur maupun permukiman di zona TWI tinggi agar mengurangi risiko kerugian secara fisik, ekonomi maupun sosial akibat bencana banjir.

Selain itu, peta ini dapat menjadi acuan dalam menetapkan kebijakan pengendalian banjir di kecamatan-kecamatan yang berada pada kategori TWI tinggi. Wilayah tersebut dapat dijadikan prioritas lokasi pembangunan infrastruktur pengendali banjir seperti sistem drainase terpadu, pembuatan tanggul, penyediaan lahan resapan, kolam retensi, peningkatan kapasitas sungai, pengembangan ruang terbuka hijau, rehabilitasi hutan di daerah tangkapan air atau di wilayah rawan banjir, dan cara lainnya yang sesuai untuk diterapkan. Melalui pendekatan berbasis

spasial ini, alokasi anggaran menjadi lebih tepat sasaran dan efisien.

Peta yang diperoleh juga dapat digunakan sebagai alat bantu dalam strategi mitigasi risiko bencana banjir. Pemerintah daerah maupun lembaga non-pemerintah dapat menggunakan data ini untuk menyusun program kesiapsiagaan masyarakat, seperti sosialisasi, penyediaan rambu peringatan dini, pelatihan evakuasi, atau sistem informasi banjir berbasis komunitas. Kecamatan-kecamatan yang termasuk kedalam TWI tinggi dapat menjadi lokasi prioritas atau sasaran kampanye edukasi tentang kesiapsiagaan bencana banjir bagi masyarakat.

#### IV. KESIMPULAN

Produk yang dihasilkan berupa peta dari penelitian ini bermanfaat bagi pemerintah maupun masyarakat sebagai acuan dalam mengambil keputusan seperti pemilihan lokasi tempat tinggal maupun penanganan banjir di masa mendatang. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir dampak negatif yang ditimbulkan. Metode TWI dapat digunakan dan cukup efektif untuk mendeteksi wilayah yang berpotensi akan banjir genangan tetapi pada kasus yang lebih besar seperti banjir bandang, metode ini kurang efektif. Banjir bandang disebabkan oleh banyak faktor yang lebih kompleks dibanding banjir genangan sehingga dibutuhkan parameter yang lebih kuat dan lebih banyak tidak hanya data DEM dan data administrasi kabupaten/kecamatan yang diolah dalam menentukan kerawanan banjir pada suatu wilayah. Hasil peta dan tabel luas wilayah dengan nilai kerawanan potensi banjir genangan dari penelitian ini mencakup kabupaten dan kecamatan,

namun tidak terlihat secara jelas titik lokasi detail (desa/kelurahan) yang berpotensi banjir. Saran penelitian kedepan dapat menggunakan peta skala detail atau citra resolusi tinggi untuk menampilkan titik lokasi spesifik, sehingga semakin memudahkan penanganan daerah bencana sedini mungkin.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing atas saran dan kritikan yang telah diberikan dari hasil kepenulisan artikel ini, teman-teman sejawat, serta program studi magister Pendidikan Geografi, FISIP, Universitas Negeri Yogyakarta.

#### KONTRIBUSI

MM berkontribusi terhadap rancangan penelitian, pengolahan data, pembuatan peta, pembahasan dan penulisan naskah atau manuskrip publikasi. NA berkontribusi terhadap pengumpulan data dan pembuatan peta. DRSS berkontribusi terhadap desain penelitian, pengumpulan literatur, dan pembahasan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Indonesia. (2024). [https://dibi.bnpb.go.id/statistik\\_menurut\\_wilayah](https://dibi.bnpb.go.id/statistik_menurut_wilayah)
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Tapanuli Utara. (2025) <https://www.taputkab.go.id/berita/v/banjir-pasar-sarulla>

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Padang Lawas Utara. (2025). <https://palutakab.bps.go.id/id> 6198046.pdf
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Padang Lawas. (2025). <https://padanglawaskab.bps.go.id>
- Budiharso, A. S., & Momongan, A. J. (2023). Kajian Topographic Wetness Index (TWI) untuk Mengetahui Potensi Bahaya Banjir di Kota Manado. *Journal Geological Processes, Risks, and Integrated Spatial Modeling*, 01(01), 1–12.
- Dhiniati, F., & Dinata, A. (2022). Identifikasi Kerentanan Banjir Bandang Menggunakan Metode AHP (Analytical Hoerarchy Process) Berbasis SIG di Sub DAS Air Mulak, Kabupaten Lahat. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 6(1), 39–56. <https://doi.org/10.14341/pmpe-2022-10>
- Harijono, W. B. (2008). Analisis Dinamika Atmosfer di Bagian Utara Ekuator Sumatera pada Saat Peristiwa El-Nino dan Dipole Mode Positif Terjadi Bersamaan. *Jurnal Sains Dirgantara*, 5(Juni), 130–148.
- Karana, R. C., & Suprihardjo, R. (2013). Mitigasi Bencana Banjir Rob di Jakarta Utara. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1).
- Kusumo, Probo, & Nursari, Evi. (2016). Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir Dengan Sistem Informasi Geografis Pada DAS Cidurian Kab.Serang, Banten. *STRING (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*, 1(1), 29–38. <https://core.ac.uk/download/pdf/23>
- Laswanto, L., Sunarti, S., & Zuhdi, Mohd (2025). *Pemanfaatan Data Digital Terrain Model dan Metode Topographic Wetness Index untuk Pembuatan Peta Rawan Banjir Daerah Aliran Sungai (DAS) Kenali Besar Kota Jambi*. 25(1), 767–771. <https://doi.org/10.33087/jiubj.v25i1.5544>
- Latue, P. C. (2023). Spatial Analysis of Flood Prone Areas in Fena Leisela Subdistrict, Buru Regency. *Journal of Innovation Information Technology and Application (JINITA)*, 5(1), 65–73. <https://doi.org/10.35970/jinita.v5i1.1865>
- Ma'rufah, W., Ridwan, R., & Amin, M. (2024). Deteksi Kerawanan Banjir Genangan Menggunakan Topographic Wetness Index (TWI) di Sub Das Way Katibung. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 3(2), 238–247. <https://doi.org/10.23960/jabe.v3i2.9435>
- Mahfudz, M., Riadi, B., & Rifaldi, I. (2022). Pemetaan Area Potensi Banjir Berdasarkan Topographic Wetness Index (TWI) di Kecamatan Cigudeg Kabupaten Bogor (Mapping Flood Potential Area using Topographic Wetness Index (TWI) in Cigudeg District Bogor Regency). *Geomatika*, 28(1), 13–20.
- Mataburu, I. B., Handawati, R., & Nugratama Hijrawadi, S. (2022). Analisis wilayah rawan banjir DAS Cimanuk hulu menggunakan model complete mapping analysis dan SIG.

- Jurnal Georafflesia*, 7(1), 10–21.  
<https://journals.unihaz.ac.id/index.php/georafflesia>
- Miardini, A., & Saragih, G. S. (2019). Penentuan prioritas penanganan banjir genangan berdasarkan tingkat kerawanan menggunakan Topographic Wetness Index Studi Kasus di DAS Solo. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(1), 113. <https://doi.org/10.14710/jil.17.1.113-119>
- Muin, A., Somae, G., & Rakuasa, H. (2023). Analisis Potensi Genangan Banjir di Kecamatan Siwalalat, Kabupaten Seram Bagian Timur berdasarkan Topographic Wetness Index. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(5), 1800–1806. <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web>.
- Nucifera, F., & Putro, S. T. (2017). Deteksi Kerawanan Banjir Genangan Menggunakan Topographic Wetness Index (TWI). *Media Komunikasi Geografi*, 18(2), 107–116. <https://doi.org/10.23887/mkg.v18i2.12088>
- Nurmalasari, C., Awaluddin, M., & Nugraha, A. L. (2023). Pemetaan Ancaman Bencana Banjir Dengan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) (Studi Kasus: Kecamatan Siwalan, Kabupaten Pekalongan). *Jurnal Geodesi Undip*, 12(3), 191–200.
- Pemerintah Kabupaten Labuhanbatu, Kecamatan Bilah Hulu, Desa N-4 Aek Nabara. (2023). <https://ddlppid.digitaldesa.com/> Rencana Kontinjensi Desa N-4 Aek Nabara Kecamatan Bilah Hulu Kabupaten Labuhanbatu, 2023
- Rahmasari, F., Rifany, M., Priharyanto, T., & Kurniawan, R. (2024). Perbandingan Algoritma Machine Learning dalam Klasifikasi Status Banjir di Sumatera Utara. *Prosiding Seminar Nasional Sains Sains Data*, 4(1), 307–318.
- Ramadhan, H. F., Harnani, H., & Setiawan, B. (2022). Zonasi Area Potensi Banjir Berdasarkan Analisis Topographic Wetness Index. *Journal of Geology Sriwijaya*, 2, 63–68.
- Restianto, M. O., Poniman, A., & Supriyatno, M. (2023). Analisis Kerentanan Banjir di Wilayah Kota Ambon Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Analytical Hierarchy Process (AHP). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 31786–31795. <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/12205%0Ahttps://jptam.org/index.php/jptam/article/download/12205/9390>
- Septiady, B., & Sudaryatno, S. (2018). Pemetaan Potensi Genangan di DAS Ciujung Banten Dengan Teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Bumi Indonesia*, 7(3). <https://core.ac.uk/download/pdf/295176809.pdf>
- Septian, A., Sabri, L. M., & Hadi, F. (2023). Implementasi Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process Dalam Pembuatan Peta Ancaman Banjir (Studi Kasus: Kota Bekasi, Jawa Barat).

- Jurnal Geodesi Undip Juli*, 2809–9672.
- Sørensen, R., Zinko, U., & Seibert, J. (2006). On the calculation of the topographic wetness index: Evaluation of different methods based on field observations. *Hydrology and Earth System Sciences*, 10(1), 101–112. <https://doi.org/10.5194/hess-10-101-2006>
- Sumutprov. (2013). *Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Sumatera Utara Tahun 2013-2033*. 1–83. <https://sumutprov.go.id/images/tentangpemprov>
- Syarif, M. M. (2021). Analisis Potensi Sebaran Bahaya Banjir Akibat Kegagalan Tampung Bendungan Bili-Bili. *Jurnal Ilmiah Indonesia*, 6(3), 1316–1327. [https://www.researchgate.net/profile/Muhammad-Munawir-Syarif/publication/353528198\\_Analisis\\_Potensi\\_Sebaran\\_Bahaya\\_Banjir\\_Akibat\\_Kegagalan\\_Tampung\\_Bendungan\\_Bili-Bili/links/61e98e96c5e3103375ab1147/Analisis-Potensi-Sebaran-Bahaya-Banjir-Akibat-Kegagalan](https://www.researchgate.net/profile/Muhammad-Munawir-Syarif/publication/353528198_Analisis_Potensi_Sebaran_Bahaya_Banjir_Akibat_Kegagalan_Tampung_Bendungan_Bili-Bili/links/61e98e96c5e3103375ab1147/Analisis-Potensi-Sebaran-Bahaya-Banjir-Akibat-Kegagalan)
- Uca, Lamada, M., Nyompa, S., & Haris, N. A. (2022). Morphometry and Topographic Wetness Index Analysis for flood inundation mapping in Mata Allo watershed (South Sulawesi, Indonesia). *Forum Geografic*, 21(2), 133–145. <https://doi.org/10.5775/fg.2022.105.d>