

Identifikasi dan Prediksi Zona Rawan Bencana Banjir di Daerah Pesisir Kecamatan Teluk Ambon Baguala

Aditya Ramadhan^{1*}, Samsul Bahri², Warni Multi³, Sitti Hafsa Kotarumalos⁴, Resti Limehuwey⁵

^{1,2,3,4,5}Teknik Geofisika, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

Email: ^{1*}adityar.note@gmail.com.

Abstract

Ambon City, located in the Maluku Province, is experiencing rapid development. This rapid development has resulted in an increasing number of areas that should absorb water being covered by roads and buildings, leading to a decrease in water absorption into the ground and frequent flooding in several areas around the coast. This is due to the drastic increase in rainwater volume, which exceeds the capacity of drainage channels (culverts) and ultimately leads to flooding in rivers. Identifying flood-prone areas is crucial for estimating the potential impact of flooding. The results can be one of the flood mitigation efforts in the area. Geographic Information Systems (GIS) can be a solution for obtaining information on identifying and predicting flood-prone areas by creating, transforming, and analyzing field observation data into maps that show flood-prone areas. In this study, various factors and variables were collected and adjusted with specific considerations drawn from multiple references and reference materials to identify and predict flood vulnerability in the area. The analysis indicates that 5.98% of the coastal area in Teluk Ambon Baguala District has a very high vulnerability to flooding, while 58.89% of the coastal area is characterized by a high level of vulnerability to flooding.

Keywords: Flood, GIS, Spatial Analysis.

Abstrak

Kota Ambon, yang berlokasi di Provinsi Maluku, sedang mengalami laju perkembangan yang tinggi. Laju perkembangan yang tinggi ini mengakibatkan semakin banyaknya area yang seharusnya menyerap air tertutupi oleh jalan dan bangunan, menyebabkan penurunan dalam proses penyerapan air ke dalam tanah dan seringkali mengalami banjir di beberapa daerah di sekitar pesisir. Hal ini disebabkan oleh peningkatan volume air hujan yang drastis, yang melebihi kapasitas saluran drainase (gorong-gorong) dan akhirnya menyebabkan banjir di sungai. Mengidentifikasi daerah rawan banjir sangat penting untuk memperkirakan potensi dampak banjir. Hasilnya dapat menjadi salah satu upaya mitigasi banjir di wilayah tersebut. Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat menjadi solusi untuk memperoleh informasi tentang mengidentifikasi dan memprediksi daerah rawan banjir dengan membuat, mentransformasi, dan menganalisis data pengamatan lapangan menjadi peta yang menunjukkan daerah rawan banjir. Dalam studi ini, berbagai faktor dan variabel dikumpulkan dan disesuaikan dengan pertimbangan spesifik yang diambil dari berbagai referensi dan bahan referensi untuk mengidentifikasi dan memprediksi kerentanan banjir di suatu wilayah. Analisis menunjukkan bahwa 5,98% wilayah pesisir di Kecamatan Teluk Ambon Baguala memiliki kerentanan sangat tinggi terhadap banjir, sementara 58,89% wilayah pesisir dicirikan oleh tingkat kerentanan tinggi terhadap banjir.

Kata Kunci: Banjir, GIS, Analisis Spasial.

1. PENDAHULUAN

Kota Ambon merupakan salah satu kota yang dinamis. Kota ini terletak di Provinsi Maluku., Kota Ambon memiliki berbagai isu strategis yang perlu diatasi diantaranya yaitu permasalahan infrastruktur dan lingkungan. Permasalahan ini tertuang dalam Dokumen RPJMD 2017-2022 (Pemerintah Kota Ambon, 2017). Kondisi infrakstuktur

wilayah terutama kondisi jalan, akses sanitasi permukiman, drainase serta prasarana lainnya masih belum terpadu, belum selaras dan masih kurang memadai. Hal ini dapat menjadi faktor yang menyebabkan dampak negatif berupa bencana banjir kedepannya. Banjir berpotensi terjadi akibat penumpukan limbah plastik di saluran air dan kawasan perairan Teluk Ambon (Pemerintah Kota Ambon, 2017). Kepala BPBD Kota Ambon menjelaskan bahwa curah hujan dengan intensitas tinggi sering menyebabkan sejumlah wilayah di Kota Ambon mengalami genangan banjir (Mayaut, 2022). Kawasan di Kecamatan Teluk Ambon Baguala diketahui sering mengalami banjir saat musim penghujan terjadi. Hal ini disebabkan oleh faktor hidrometeorologi dan kondisi fisik di beberapa lokasi daerah di kecamatan Teluk Ambon Baguala (Marasabessy et al., 2020).

Studi yang telah dilakukan oleh Sharir et al. (2022) menerapkan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)* berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk menganalisis tingkat kerentanan banjir di Kota Belud, Sabah, Malaysia dan menggunakan beberapa parameter ingkungan seperti curah hujan, kemiringan, dan tata guna lahan. Sedangkan Nkwunonwo et al. (2021) menerapkan MCDA untuk menilai risiko banjir dengan memfokuskan pada parameter curah hujan dan penggunaan lahan di Lagos, Nigeria. Penelitian Rebouh et al. (2024) dan Pimenta et al. (2025) juga mengintegrasikan data spasial multivariabel untuk pemetaan risiko dengan penekanan pada variasi topografi dan iklim sebagai faktor dominan yang ada di Afrika Utara dan Amerika Selatan. Arbi dan Usman (2022) melakukan penelitian yang menerapkan SIG untuk dalam mengidentifikasi tingkat kerawanan banjir berdasarkan faktor curah hujan, penggunaan lahan dan kemiringan lereng di Kecamatan Pattallassang dan menghasilkan peta zonasi banjir dari hasil integrasi data spasial untuk mendukung perencanaan wilayah dan kota. Di sisi lain, fokus penelitian yang lainnya dilakukan oleh Musa dan Ashad (2022) mengutamakan salah satu faktor yang paling vital menjadi penyebab terjadinya genangan air hingga menyebabkan banjir yaitu sistem drainase. Kapasitas dan kepadatan drainase dapat meningkatkan potensi bahaya banjir di daerah perkotaan. SIG digunakan untuk memetakan jaringan drainase di Kota Watampone. Penelitian Usman Kaoje (2021) memadukan *geospatial indicator-based approach* dan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)* untuk menganalisis kerentanan fisik terhadap banjir di Kota Bharu, Malaysia. Penggunaan aspek spasial terbukti dapat menambah keakuratan hasil analisis. Selain itu, partisipasi masyarakat juga dapat menjadi penggerak dalam menanggulangi dan mencegah terjadinya banjir. Pengembangan metode *overlay* dan *scoring* berbasis SIG serta melakukan pembobotan dalam menentukan zona rawan banjir pernah dilakukan oleh Romadhon dan Aziz (2022) yakni untuk memetakan tingkat kerawanan banjir di Kota Semarang dengan mengkaji faktor curah hujan, penggunaan lahan dan kemiringan lereng. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mardana (2022) yakni memetakan daerah rawan banjir dan longsor di Kabupaten Buleleng dengan menggunakan metode *Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA)*.

Namun, penelitian-penelitian sebelumnya yang telah disebutkan ini memiliki beberapa keterbatasan metodologis karena belum memasukkan faktor geologi, hidrogeologi, kepadatan drainase (*drainage density*) dan ketinggian lokal dalam model analisis dan belum terintegrasi secara menyeluruh. Sebagian besar penelitian di Indonesia khususnya di Indonesia bagian timur yang sebagian besar terdiri dari kawasan kepulauan masih sangat terbatas jumlahnya dibandingkan dengan Indonesia bagian barat terutama wilayah Jawa dan Sumatra. Berdasarkan kesenjangan yang ditemukan, penelitian ini difokuskan pada wilayah cakupan pesisir di Kecamatan Teluk Ambon Baguala yang terletak di provinsi Maluku. Provinsi Maluku dikenal merupakan kawasan kepulauan yang memiliki tingkat kompleksitas geologi dan hidrogeologi yang tinggi. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada penambahan parameter seperti faktor geologi, hidrogeologi,

dan kepadatan drainase secara bersamaan. Pendekatan tersebut masih jarang digunakan secara simultan dalam penelitian sebelumnya dan hanya terbatas untuk menjadi pertimbangan dan tidak ditekankan.

Adapun tujuan penelitian ini yaitu mengidentifikasi zona potensi banjir di daerah cakupan pesisir Kecamatan Teluk Ambon Baguala berdasarkan kombinasi parameter fisik dan hidrometeorologis, menghasilkan peta zona rawan banjir menggunakan metode MCDA dan menganalisis pengaruh curah hujan sebagai variabel bebas utama dalam memprediksi dinamika zona potensi banjir pada berbagai skenario jumlah curah hujan. Teknik pengambilan keputusan membantu individu dalam peran pengambil keputusan untuk menyelesaikan masalah yang kompleks karena manusia sering kali tidak optimal dalam menangani masalah dengan beragam kriteria dan alternatif. Melalui penelitian yang dilakukan ini, diharapkan dapat berperan penting dalam pengambilan keputusan terkait identifikasi dan prediksi daerah zona rawan banjir khususnya di Kecamatan Teluk Ambon Baguala serta dapat memberikan kontribusi ilmiah terhadap penerapan model analisis multikriteria untuk mitigasi banjir yang dapat menjadi pendekatan baru yang lebih adaptif terhadap karakteristik geospasial wilayah Indonesia bagian timur.

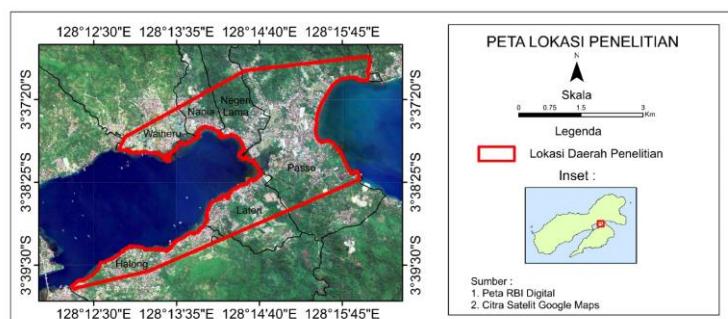
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini data yang digunakan antara lain : peta kemiringan lereng yang dihasilkan dari ekstraksi data DEM SRTM 30 meter dari DEMNAS BIG, peta digital Geologi Lembar Seram, Maluku hasil terbitan Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Kementerian ESDM tahun 1996, digitasi peta hidrogeologi hasil terbitan dari Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral pada tahun 1993, peta digital Penggunaan Lahan Tahun 2017 hasil terbitan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), peta daerah aliran sungai dan peta jaringan jalan dari RBI Ina-Geoportal, peta Digital Jenis Tanah Dunia (*Digital Soil Map of the World*) Tahun 1995 hasil terbitan dari FAO sebagai referensi untuk peta Jenis Tanah dari BAPPEKOT Kota Ambon serta data curah hujan, suhu serta kelembaban digital yang diakses melalui situs data online BMKG. Data lainnya yakni hasil pengamatan yang diperoleh dari hasil pengambilan dan pengukuran data di lapangan yakni berupa data tabular (pH air tanah/sumur, suhu tanah, serta kelembaban tanah). Data-data ini kemudian diolah dan dianalisis menggunakan *software* QGIS 3.34.1 menjadi peta. Sedangkan perhitungan statistiknya menggunakan *software* Microsoft Excel 2016.

2.2 Lokasi Penelitian

Penelitian mengenai identifikasi dan prediksi potensi rawan banjir akan dilakukan di desa pesisir di Kecamatan Teluk Ambon Baguala, Kota Ambon. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi Penelitian

2.3 Tahapan Penelitian

Studi Literatur: Tinjauan Literatur: Melakukan pengumpulan data terkait dengan pemetaan dari berbagai referensi berupa literatur terkait pemetaan zona rawan banjir. Sumber-sumber tersebut mencakup penelitian terdahulu, jurnal, artikel ilmiah, buku, dan regulasi yang relevan sebagai acuan. Langkah selanjutnya yakni melakukan observasi awal terhadap lokasi objek dan memeriksa kondisi di lokasi yang ditentukan berdasarkan informasi dari sumber terpercaya.

Pengumpulan Data: Data primer : Mengumpulkan data hasil pengambilan di lapangan seperti data PH air tanah/sumur, suhu tanah serta kelembaban tanah.

Pengolahan Data: a. Preprocessing Data: Melakukan pra-pemrosesan data dengan melakukan klasifikasi pada data yang diperoleh dan membaginya menjadi bermacam kelas. Data ini kemudian dijadikan sebagai variabel mapupun kriteria yang akan diproses menggunakan metode AHP. Proses pengolahan data menggunakan QGIS 3.34.1. Sedangkan penentuan dan perhitungan bobot dan AHP dilakukan secara *manual* menggunakan perhitungan tabel dengan Microsoft Excel 2016 b. Analisis Spasial : Menggunakan QGIS 3.34.1 untuk melakukan analisis spasial terhadap variabel dan kriteria yang selanjutnya menjadi peta faktor yang selanjutnya diberikan bobot relatif berdasarkan peringkat (*ranking*) c. Pemetaan : Membuat peta *overlay* hasil analisis spasial berdasarkan matriks kesesuaian. Proses *overlay* ini nantinya dapat menentukan zona wilayah yang rawan terhadap bencana banjir di area cakupan daerah pesisir Kecamatan Teluk Ambon Baguala. Hasil ini kemudian dilakukan prediksi dengan membandingkan banyaknya jumlah curah hujan agar dapat mengetahui perbandingan hasil dan dampak yang ditimbulkan pada daerah lokasi penelitian.

2.4 Perhitungan AHP dan MCDA

Penentuan bobot kriteria dalam penelitian ini menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) yang dikembangkan oleh Saaty (1980). Penentuan tingkat atau derajat kepentingan relatif antar kriteria dilakukan secara sistematis dan terukur. Langkah pertama dalam AHP adalah menyusun matriks perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*). *Consistency Index (CI)* diperoleh dari hasil perhitungan nilai eigen maksimum (λ_{\max}). Nilai *Consistency Ratio (CR)* diperoleh dari pembagian antara nilai *Consistency Index (CI)* dengan *RI (Random Index)* yang merupakan nilai acak rata-rata dari matriks perbandingan berpasangan acak dengan bentuk yang sama dan berfungsi sebagai tolok ukur standar. Menurut Saaty (1980), jika nilai $CR = 0,1$ atau $CR < 0,1$, maka nilai ini masih dapat diterima secara statistik.

Analisis spasial yang digunakan untuk menentukan zona rawan banjir dalam penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan peta faktor yang menjadi kriteria secara kualitatif menggunakan pendekatan *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA) dengan penerapan metode *Weighted Linear Combination* (WLC). Menurut Malczewski (1999), tahap awal dalam penerapan metode *Weighted Linear Combination* (WLC) dilakukan dengan menyusun matriks perbandingan antar kriteria agar dapat memperoleh nilai tingkat kepentingan relatif. Proses normalisasi ditandai dengan perolehan bobot pada setiap kriteria. Kombinasi pada nilai kriteria yang telah distandarisasi (x_i) dihitung menggunakan bobot masing-masing secara linier. Secara matematis, perhitungan nilai total kesesuaian (S) dijabarkan dengan rumus

$$S = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i \quad (1)$$

dimana

S = nilai hasil kombinasi atau skor total

w_i = bobot dari kriteria ke- i ,

x_i = nilai terstandarisasi kriteria yang ke- i , dan

n = banyaknya total jumlah kriteria.

Menurut Malczewski (1999), pemisahan kriteria dapat dilakukan untuk menjaga independensi antar kriteria pada masing-masing faktor. Faktor karakteristik lahan dapat menjadi penentu dalam kemampuan daya dukung lahan serta kapasitas infiltrasi dan aliran permukaan. Kriteria aksesibilitas dapat diperluas dengan mempertimbangkan kedekatan terhadap sungai, garis pantai, dan titik keramaian karena faktor-faktor ini memengaruhi eksposur, evakuasi, dan dampaknya dalam dampak sebab-akibat dari masyarakat sekitar (Chow et al., 1988; Ward et al., 2008). Area dekat jalan, pusat keramaian, atau perairan cenderung memiliki risiko tinggi karena aktivitas manusia yang menimbulkan dampak langsung maupun tidak langsung dapat memicu terjadinya banjir (Dano et al., 2019). Kriteria ini mendukung perencanaan mitigasi dan pengurangan kerugian berbasis lokasi, sekaligus meningkatkan akurasi daerah zona rawan banjir. Sementara itu, hidrotopografi menunjukkan interaksi topografi dan proses hidrologi. Faktor seperti *drainage density* menentukan efisiensi aliran permukaan (Hamed et al., 2019), hidrogeologi menunjukkan kemampuan infiltrasi (Pradhan et al., 2011), sedangkan curah hujan dan ketinggian lokal menjadi indikator utama akumulasi air dan potensi luapan (Adininggar et al., 2016; Chow et al., 1988; Dano et al., 2019; Ward et al., 2008). Dengan demikian, pemisahan ketiga kriteria tersebut memberikan struktur analisis yang objektif, integratif, dan berbasis kondisi spasial nyata dan kemudian dievaluasi secara bebas serta saling melengkapi. Adapun formulasi skor total dan bobot lokal pada sub kriteria yang dikembangkan pada penelitian ini mengadopsi rumus (1).

Dalam analisis spasial kerentanan banjir, jaringan jalan dipisahkan menjadi empat sub kriteria *buffer* yaitu *buffer* jalan kolektor, *buffer* jalan lokal, *buffer* jalan lain, dan *buffer* jalan setapak. Pemisahan ini bertujuan untuk menilai kontribusi masing-masing jenis jalan terhadap pola limpasan permukaan. Pemisahan aksesibilitas jalan dibuat berdasarkan temuan survei di lapangan dan referensi dari penelitian terdahulu dilakukan oleh Ibrahim et al. (2022) yang dijadikan sebagai referensi pembagian ruas jalan yang menjelaskan sistem drainase yang terdapat di Kota Ambon. Pendekatan ini menganalisis pengaruh infrastruktur terhadap genangan dengan SIG dan metode pembobotan untuk zona rawan banjir (Fitriani et al., 2021; Haryani & Marfai, 2019; Malczewski, 1999). Klasifikasi berbasis persentase dapat meningkatkan akurasi dan perbandingan faktor antar wilayah serta mendukung keputusan spasial untuk mitigasi, tata ruang, dan perencanaan adaptif terhadap banjir (Dewi et al., 2023; Hanum & al., 2024; Lumban-Gaol et al., 2024; Mardana et al., 2022; Suni et al., 2024).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Daftar faktor dan parameter dapat dilihat pada Tabel 1. Sub parameter merupakan bagian dari parameter yang dipisahkan. Proses analisis data dilakukan melalui analisis spasial dan statistik menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) yakni metode *overlay* (tumpang tindih). Hasil akhir dari perhitungan bobot dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar kriteria dan nilai bobot tiap kriteria

No	Faktor	Parameter	Sub Parameter	Kelas	Rating	Skor	Bobot Lokal = Skor * Rating	Bobot Prioritas
1	Karakteristik lahan	Geologi	-	Alluvium	8	0,1876	1,5008	40
				Batuhan vulkanik	6		1,1256	
				Batuhan gamping terumbu	2		0,3752	
		Kemiringan lereng	-	0 - 8 %	5	0,2407	1,2035	
				8 - 15 %	4		0,9628	
				15 - 25 %	3		0,7221	
				25 - 45 %	2		0,4814	
				> 45 %	1		0,2407	
		Jenis Tanah	-	Alluvial	8	0,3310	2,648	
				Rendzina	6		1,986	

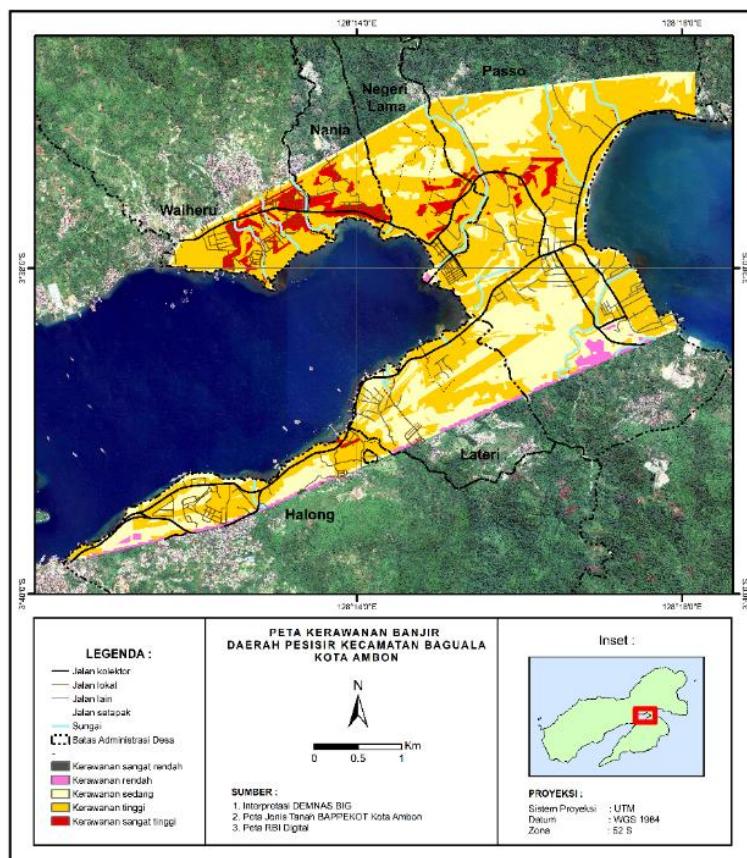
			Kambisol	2		0,662	
		Penggunaan lahan	-	Lahan Terbuka, Lahan Kering Campur, Hutan Mangrove	6	0,2407	1,4442
				Permukiman, Sawah	8		1,9256
				Semak/ Belukar	2		0,4814
				Savana/ padang rumput	4		0,9628
				Hutan	1		0,2407
2	Aksesibilitas atau sarana dan prasarana	Buffer saluran drainase jalan	Buffer Jalan Kolektor	< 10 m	1	0,3331	0,3331
				10 - 50 m	2		0,6662
				50- 200 m	4		1,3324
				> 200 m	6		1,9986
			Buffer Jalan Lokal	< 10 m	6	0,2905	1,743
				11 - 50 m	4		1,162
				51- 200 m	2		0,581
				> 200 m	1		0,2905
			Buffer Jalan Lain	< 10 m	6	0,2905	1,743
				11 - 50 m	4		1,162
				51- 200 m	2		0,581
				> 200 m	1		0,2905
2	Aksesibilitas atau sarana dan prasarana	Buffer Jalan Setapak	Buffer sungai	< 10 m	6	0,0858	0,5148
				11 - 50 m	4		0,3432
				51- 200 m	2		0,1716
				> 200 m	1		0,0858
			Buffer garis pantai	0 - 25 m	8	0,3916	3,1328
				25 - 50 m	6		2,3496
				50 - 75 m	4		1,5664
				75 - 100 m	2		0,7832
				> 100 m	1		0,3916
			Buffer titik keramaian	0 - 500 m	4	0,2736	1,0944
				500 - 1000 m	2		0,5472
				> 1000 m	1		0,2736
3	Kondisi hidrotopo-grafi lahan	Hidrogeo-ologi		0 - 500 m	4	0,0833	0,3332
				500 - 1000 m	2		0,1666
				> 1000 m	1		0,0833
			Kelulusan rendah	8	0,1783	0,6664	35
			Kelulusan sedang	6		1,0698	
			Kelulusan tinggi	2		0,3566	
			Curah Hujan	3000 - 4000 mm	4	0,3031	1,2124
				< 3000 mm	1		0,3031
			Drainage Density	>5 km/km ²	8		1,0368
				2 - 5 km/km ²	6		0,7776
				< 2 km/km ²	2		0,2592
			Ketinggian lahan	0 - 20 m	8	0,3889	3,1112
				20 - 50 m	6		2,3334
				50 - 100 m	4		1,5556
				100 - 300 m	2		0,7778
				> 300 m	1		0,3889

Catatan. Dimodifikasi dari Adininggar et al., 2016, Arbi dan Usman, 2022, Dano et al., 2019, Hamdani et al., 2016, Hendriana et al., 2013, Musa dan Ashad, 2022, Rincon Romero et al., 2018, Usman Kaoje et al., 2021.

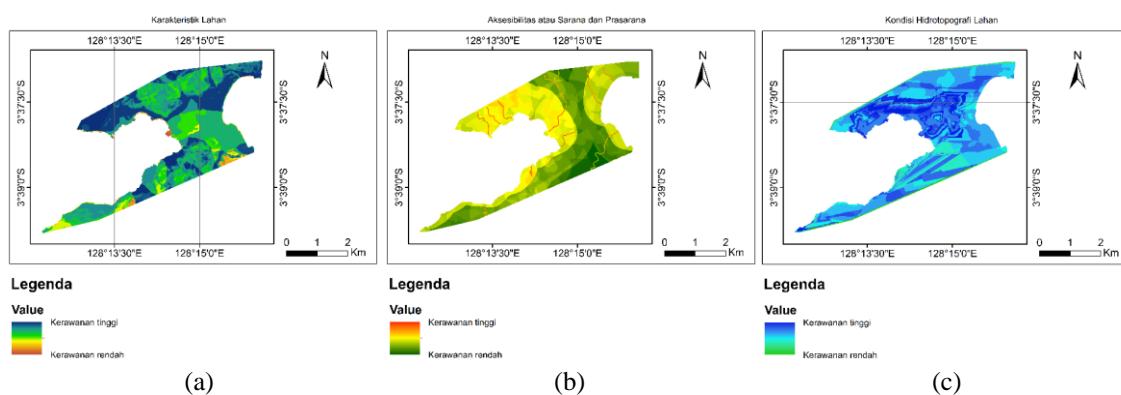
Tiga peta faktor diperlukan untuk mengidentifikasi kerawanan daerah terhadap banjir, yaitu: karakteristik lahan, aksesibilitas dan kondisi hidrotopografi lahan. Peta kerawanan dibuat untuk hasil perhitungan bobot yang disertakan dengan setiap peta faktor atau parameter. Penentuan bobot kriteria dilakukan secara *manual* menggunakan perhitungan tabel dengan Microsoft Excel 2016 agar hasilnya dapat disesuaikan dengan fleksibel berdasarkan perubahan kriteria. Nilai *CR* yang diperoleh melalui hasil perhitungan AHP setiap faktor yakni karakteristik lahan = 0,06, aksesibilitas = 0,1 dan kondisi hidrotopografi lahan = 0,06. Sedangkan nilai *CR* untuk sub kriteria pada aksesibilitas yaitu 0,01. Nilai *CR* $\leq 0,1$ menunjukkan bahwa hasil pembobotan dapat diterima validitasnya.

Langkah berikutnya melibatkan penggabungan (*union*) antara peta faktor menggunakan pendekatan *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA) dengan penerapan metode *Weighted Linear Combination* (WLC). *Tools* pada QGIS 3.34.1 yang digunakan untuk menjalankan metode WLC (*Weighted Linear Combination*) adalah *Raster Calculator*. Gambar 2 merupakan peta faktor hasil penggabungan dan perhitungan dari berbagai parameter maupun sub parameter yang telah dilakukan *overlay* menggunakan perhitungan *rating*, skor dan bobot. Peta kerawanan banjir di cakupan daerah pesisir

Kecamatan Teluk Ambon Baguala ditunjukkan pada Gambar 3. Gambar 4 merupakan hasil luasan area yang terdampak banjir jika jumlah curah hujan dalam rentang di bawah 3000-4000 mm per tahun dan diatas 3000-4000 mm per tahun sebagai hasil bandingan.



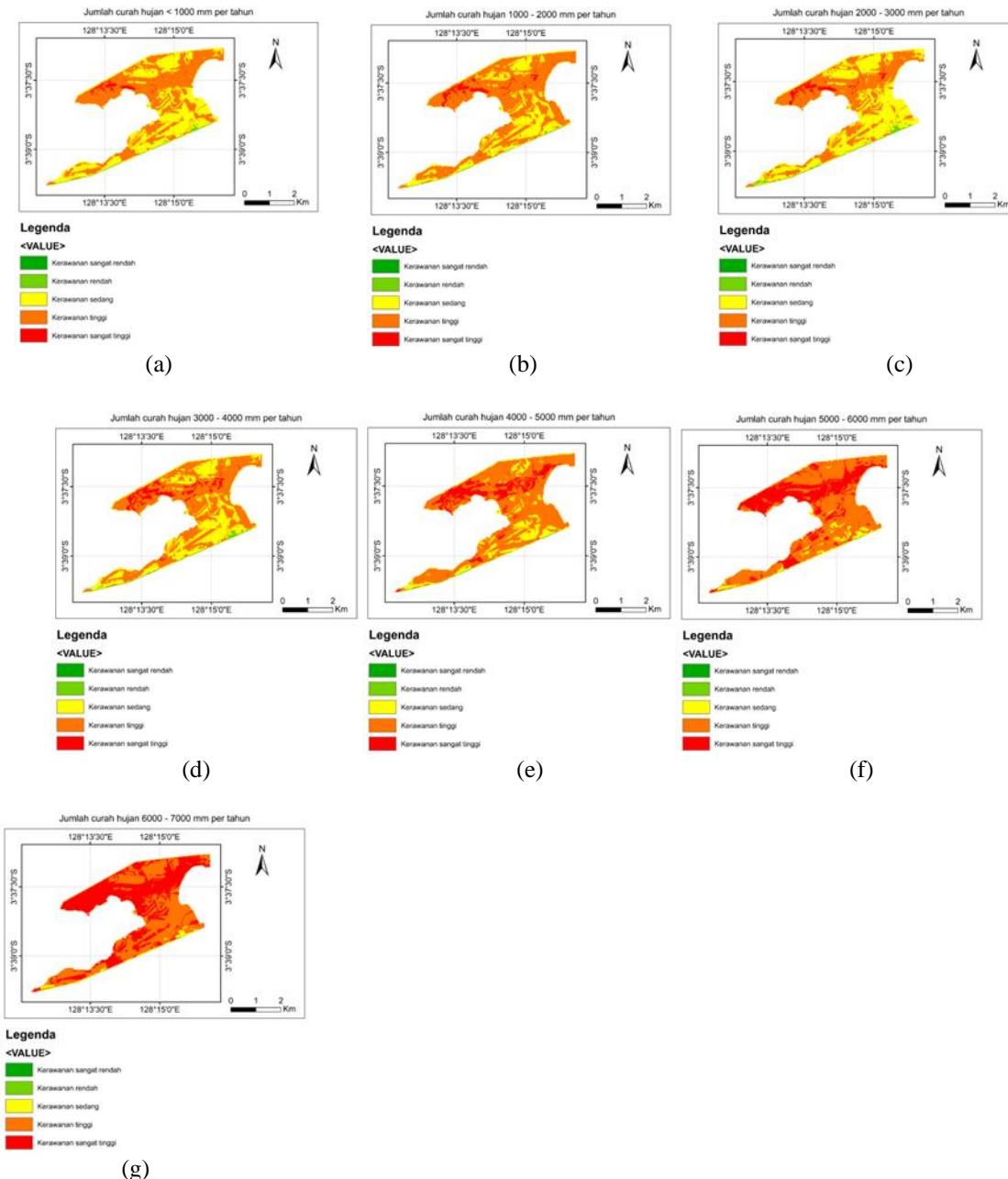
Gambar 3. Peta kerawanan banjir cakupan daerah pesisir di Kecamatan Teluk Ambon Baguala



Gambar 2. Tiga peta faktor hasil pengolahan data (a) karakteristik lahan; (b) aksesibilitas atau sarana dan prasarana; (c) kondisi hidrotopografi lahan

Tabel 2 Hasil perhitungan skor dan luas kelas kerawanan di desa pesisir Kecamatan Teluk Ambon Baguala

No.	Skor	Kelas	Luas ha)	Percentase (%)
1	144 – 174	Kerawanan sangat rendah	0,7983	0,07%
2	175 – 262	Kerawanan rendah	27,6815	2,29%
3	263 – 350	Kerawanan sedang	395,903	32,77%
4	351 – 438	Kerawanan tinggi	711,4664	58,89%
5	439 – 526	Kerawanan sangat tinggi	72,3071	5.98%



Gambar 4. Perbandingan peta kerawanan banjir di daerah cakupan dalam berbagai kategori jumlah curah hujan (a) jumlah curah hujan < 1000 mm/tahun; (b) jumlah curah hujan 1000 – 2000 mm/tahun; (c) jumlah curah hujan 2000-3000 mm/tahun; (d) jumlah curah hujan 3000-4000 mm/tahun; (e) jumlah curah hujan 4000-5000 mm/tahun; (f) jumlah curah hujan 5000-6000 mm/tahun; (g) jumlah curah hujan 6000-7000 mm/tahun

Wilayah dengan tingkat kerawanan banjir tertinggi berada di Desa Waiheru di bagian barat laut area penelitian, disusul oleh Desa Nania dan desa lain di sekitarnya. Kedua desa ini memiliki topografi rendah dan didominasi oleh permukiman padat, sehingga meningkatkan potensi terjadinya banjir. Desa Waiheru memiliki tingkat kerawanan banjir tertinggi karena dipengaruhi oleh kombinasi faktor topografi rendah, kepadatan permukiman tinggi, dan dominasi tanah aluvial. Desa Waiheru memiliki cakupan daerah dengan tingkat kerawanan banjir tertinggi berdasarkan skor total pembobutan terbesar. Berdasarkan hasil analisis, karakteristik lahan memberikan kontribusi signifikan karena jenis tanah aluvial yang mudah jenuh saat curah hujan tinggi. Dari sisi aksesibilitas, lokasi Desa Waiheru yang berdekatan jalan lokal yang drainasenya

masih terbatas serta berdekatan dengan jaringan drainase utama. Sementara itu, kondisi hidrotopografi lahan meliputi topografi rendah yang menyebabkan air mudah tergenang dan sulit mengalir keluar. Kondisi ini ditambah dengan kepadatan permukiman yang mengurangi area resapan air. Nilai *drainage density* di Desa Waiheru berkisar di antara $< 2 - 5 \text{ km/km}^2$. Ini menunjukkan kepadatan jaringan drainase yang cukup tinggi namun tidak efektif menyalurkan limpasan karena sedimentasi dan penyumbatan saluran. Secara hidrogeologis, lapisan tanah memiliki permeabilitas sedang–tinggi dapat membuat tanah cepat jenuh saat hujan ekstrem. Ketinggian lokal tentunya dapat mempengaruhi genangan air. Dengan demikian, hubungan antar variabel ini dapat dipetakan secara lebih akurat untuk mendukung strategi mitigasi dan perbaikan sistem drainase.

Hasil prediksi menunjukkan bahwa ada perubahan luas area pada setiap kategori jumlah curah hujan. Perubahan luas area dan total luas kelas kerawanan pada setiap kategori jumlah curah hujan disajikan dalam bentuk Tabel 4.

Tabel 4 Hasil perhitungan pengaruh kategori jumlah curah hujan terhadap perubahan luas area

Kelas	Jumlah curah hujan (mm/tahun)						
	< 1000	1000-2000	2000-3000	3000-4000	4000-5000	5000-6000	6000-7000
	Luas (ha)	Luas (ha)	Luas (ha)	Luas (ha)	Luas (ha)	Luas (ha)	Luas (ha)
Kerawanan sangat rendah	5,5805	3,0593	1,4175	0,7983	0,216	0,1249	0,0376
Kerawanan rendah	74,3942	48,4589	34,2587	27,6815	13,7198	6,748	2,2709
Kerawanan sedang	751,8796	665,7068	567,0135	395,903	193,0277	79,4759	37,2688
Kerawanan tinggi	373,6874	479,5754	568,5635	711,4664	832,9235	765,6298	597,6779
Kerawanan sangat tinggi	2,6147	11,356	36,9032	72,3071	168,2694	356,1779	570,9013

Pada Tabel 4 dan Gambar 4, perubahan drasis terlihat jika jumlah curah hujan yang terlampau tinggi membuat cakupan daerah pesisir di desa-desa lainnya yaitu sebagian wilayah desa Negeri Lama dan sebagian wilayah desa Passo dapat berubah luas areanya menjadi tingkat kerawanan sangat tinggi. Adapun di sebagian wilayah desa Lateri dan desa Halong masih dikategorikan memiliki tingkat kerawanan tinggi meskipun topografi di daerah tersebut dampaknya masih dapat diatasi karena topografinya berada pada kemiringan lereng di atas 8%. Hasil ini sejalan dan berimplikasi dengan hasil penelitian Sharir et al. (2022) yang menunjukkan bahwa wilayah dengan kerawanan banjir tinggi terletak di DAS hilir, dengan karakteristik curah hujan tinggi, kemiringan rendah ($<8\%$), tanah aluvial dan kepadatan drainase yang rendah.

Selain itu konsistensi dari setiap kriteria pada hasil yang diperoleh membuktikan bahwa jumlah curah hujan yang dominan tentunya dapat memicu genangan (Dano et al., 2019; Usman Kaoje et al., 2021), sementara kemiringan, ketinggian lokal, dan geologi mempengaruhi aliran permukaan dan infiltrasi (Adininggar et al., 2016; Hamdani et al., 2016). *Drainage density* dan sungai menentukan jalur aliran air dan konsentrasi genangan (Musa & Ashad, 2022). Kontribusi masing-masing faktor ini memperjelas dukungan terhadap perencanaan tata ruang, prioritas pembangunan drainase, dan strategi mitigasi berbasis risiko, sekaligus menegaskan bahwa kerawanan banjir. Secara teoretis, hasil ini memperkuat bahwa kerawanan banjir merupakan interaksi multikriteria yang spesifik melalui pembuatan peta kerawanan zona banjir dengan skema prediksi curah hujan adaptif. Hasil ini masih perlu penilaian dan pengkajian lebih lanjut secara optimal. Meskipun demikian untuk pengembangan kedepannya, peta kerawanan banjir ini bisa menjadi masukan dan pertimbangan serta referensi untuk topik yang berkaitan dengan penanggulangan/mitigasi terhadap bencana banjir.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dianalisis menggunakan *software* QGIS 3.34.1 dan Microsoft Excel 2016 didapatkan hasil wilayah yang memiliki tingkat kerawanan sangat tinggi di cakupan daerah pesisir Kecamatan Teluk Ambon Baguala adalah seluas 72,3071 ha (5,98 %), area tingkat kerawanan tinggi seluas 711,4664 ha (58,89 %), area tingkat kerawanan sedang seluas 395,903 ha (32,77 %), area tingkat kerawanan rendah seluas 27,6815 ha (2,29%) dan sisanya seluas 0,7983 ha (0,07 %) merupakan area tingkat kerawanan sangat rendah. Sebagian wilayah di cakupan daerah pesisir Kecamatan Teluk Ambon Baguala khususnya di desa Waiheru memiliki area dengan tingkat kerawanan sangat tinggi terluas dibandingkan area lainnya. Sebagian wilayah di cakupan daerah pesisir di desa Passo, desa Lateri dan desa Halong memiliki tingkat kerawanan sedang. Akhinya pemetaan tingkat kerawanan banjir ini dapat menjadi salah satu dukungan yang relevan untuk teknologi geospasial untuk mitigasi bencana dan dapat menjadi referensi dalam perencanaan wilayah dan kota yang berkelanjutan. Manfaatnya bagi masyarakat tentunya dapat meningkatkan kesadaran dan perhatian untuk mengantisipasi adanya bencana banjir mengingat partisipasi antara pihak pemangku kepentingan dengan warga di sekitar dalam memperkuat kesiapsiagaan dan dukungan yang penuh agar tangguh terhadap bencana. Informasi ini juga dapat menjadi sumber bahan rujukan dalam penanganan bencana di wilayah yang memiliki prioritas paling rentan terhadap bencana banjir.

REFERENCES

- Adininggar, F. W., Suprayogi, A., & Wijaya, A. P. (2016). Pembuatan Peta Potensi Lahan Berdasarkan Kondisi Fisik Lahan Menggunakan Metode Weighted Overlay. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(2), 136–146. <https://doi.org/https://10.14710/jgundip.2016.11530>
- Pemerintah Kota Ambon. (2017). *Rancangan Akhir Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kota Ambon Tahun 2017-2022*. <https://ambon.go.id/rpjmd-2017-2022/>
- Arbi, M. F., & Usman, K. S. (2022). Penerapan Sistem Informasi Geografis Pada Identifikasi Kerawanan Banjir Di Kecamatan Pattallassang. *Jurnal Al-Hadārah Al-Islāmiyah*, 2(1), 38–50.
- Chow, V. Te, Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill.
- Dano, Dr. U. L., Balogun, A.-L., Matori, A., Wan Yusof, K., Rimi Abubakar, I., Said, M., Aina, Y., & Pradhan, B. (2019). Flood Susceptibility Mapping Using GIS-Based Analytic Network Process: A Case Study of Perlis, Malaysia. *Water*, 11, 615. <https://doi.org/10.3390/w11030615>
- Dano, U. L., Balogun, A.-L., Matori, A., Wan Yusof, K., Rimi Abubakar, I., Said, M., Aina, Y., & Pradhan, B. (2019). Flood susceptibility mapping using GIS-based Analytic Network Process: A case study of Perlis, Malaysia. *Water*, 11(3), 615. <https://doi.org/10.3390/w11030615>
- Dewi, R. S., Nurhadi, N., & Setiawan, A. (2023). Assessing flood vulnerability from rapid urban growth in Central Java, Indonesia. *Natural Hazards*, 117(1), 351–372. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06054-3>
- Fitriani, E., Sutanto, B., & Pradana, A. (2021). GIS-based multi-criteria flood susceptibility mapping in urban areas. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 835, 012034. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/835/1/012034>
- Hamdani, H., Permana, S., & Susetyaningsih, A. (2016). Analisa Daerah Rawan Banjir Menggunakan Aplikasi Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus Pulau Bangka). *Jurnal Konstruksi*, 12. <https://doi.org/10.33364/konstruksi.v.12-1.283>

- Hamed, M. S., Kalyanapu, A. J., & Merwade, V. (2019). Assessing the influence of drainage density on flood susceptibility mapping. *Journal of Hydrology*, 575, 1053–1064. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.05.071>
- Haryani, S., & Marfai, M. A. (2019). Flood vulnerability assessment and mapping in coastal areas using GIS and multi-criteria analysis: A case study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(7), 441. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7524-1>
- Hendriana, K. I., Yasa, I. G. A. S., Kesiman, M. W. A., & Sunarya, I. M. G. (2013). Sistem Informasi Geografis Penentuan Wilayah Rawan Banjir di Kabupaten Buleleng. *KARMAPATI (Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika)*, 2(5), 608–616. <https://doi.org/10.23887/karmapati.v2i5.19638>
- Ibrahim, N. I., Berhitu, P. T., & Puturuhu, F. (2022). Evaluasi Sistem Drainase dalam Upaya Penanggulangan Banjir di Kelurahan Honipopu Kota Ambon. *Jurnal Geografi*, 20(2), 131–143. <https://doi.org/10.26740/jggp.v20n2.p131-143>
- Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. John Wiley & Sons, Inc.
- Marasabessy, M., Pallu, M., Lopa, R., & Thaha, M. (2020). Development of flood forecasting model and warning systems at Way Ruhu – Ambon. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 419, 012115. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/419/1/012115>
- Mardana, K. A., Sastrawangsa, G., & Putra, I. M. A. W. (2022). Pemetaan Daerah Rawan Banjir dan Longsor di Kabupaten Buleleng Berbasis SIG dengan Metode MCDA. *Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat CORISINDO*, 264–269.
- Mayaut, P. F. (2022). *Empat kecamatan di Ambon terdampak banjir dan longsor*. ANTARA. <https://www.antaranews.com/berita/2949265/empat-kecamatan-di-ambon-terdampak-banjir-dan-longsor>
- Musa, R., & Ashad, H. (2022). Sistem Informasi Geografis (SIG) pada Jaringan Drainase Kota Watampone. *Jurnal Konstruksi: Teknik, Infrastruktur Dan Sains*, 1(7), 40–48.
- Nkwunonwo, U. C., Whitworth, M., & Baily, B. (2021). Flood risk assessment using MCDA and GIS in Lagos, Nigeria. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(2), 123. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08806-1>
- Pimenta, L., & et al. (2025). GIS-Based Flood Susceptibility Mapping Using AHP in the Paraíba Basin, Brazil. *Land*, 14(3), 521. <https://doi.org/10.3390/land14030521>
- Pradhan, B., Lee, S., & Saha, S. (2011). Flood susceptibility assessment using GIS-based multi-criteria decision analysis: A case study. *Journal of Hydrology*, 402(3–4), 123–138. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.03.018>
- Rebouh, H., Farhi, Y., Boughanem, S., & Hadji, R. (2024). Flood hazard mapping using GIS-based multi-criteria decision analysis (MCDA) and remote sensing data in Northern Algeria. *Natural Hazards*, 120(3), 2157–2178. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06872-9>
- Rincon Romero, D., Khan, U., & Armenakis, C. (2018). Flood Risk Mapping Using GIS and Multi-Criteria Analysis: A Greater Toronto Area Case Study. *Geosciences*, 8, 275. <https://doi.org/10.3390/geosciences8080275>
- Romadhon, M. R., & Aziz, M. (2022). Pemetaan tingkat kerawanan banjir di Kota Semarang menggunakan metode overlay dan scoring berbasis SIG. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian*, 19(1), 56–65. <https://doi.org/10.15294/jg.v19i1.30572>
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytical Hierarchy Process*. McGraw Hill.
- Sharir, K., Roslee, R., & Saidin, A. (2022). Assessment of Flood Susceptibility Analysis Using Analytical Hierarchy Process (AHP) in Kota Belud Area, Sabah, Malaysia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1103, 012005. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1103/1/012005>

- Suni, M. A., Sutomo, S., & Raharjo, P. (2024). Flood vulnerability analysis as a hydrological disaster in Lore Lindu Biosphere Reserve. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 11(2), 3899–3907. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2024.112.3899>
- Usman Kaoje, I., Abd Rahman, M., Idris, N., Razak, K., Wan Mohd Rani, W., TAM, T., & Mohd Salleh, M. R. (2021). Physical Flood Vulnerability Assessment Using Geospatial Indicator-Based Approach and Participatory Analytical Hierarchy Process: A Case Study in Kota Bharu, Malaysia. *Water*, 13, 1786. <https://doi.org/10.3390/w13131786>
- Ward, P. J., Pauw, W., van Buuren, M. W., & Marfai, M. A. (2008). Flood Risk Management in Jakarta: Combining Structural and Non-Structural Measures. *Natural Hazards*, 44(3), 373–386. <https://doi.org/10.1007/s11069-007-9200-8>