

PEMODELAN DAERAH RAWAN BANJIR DI KECAMATAN SIRIMAU MENGGUNAKAN METODE MULTI-CRITERIA ANALYSIS (MCA)

Modeling Flood-Prone Areas in Sirimau District Using the Multi-Criteria Analysis (MCA) Method

Philia Christi Latue¹, Juan Steiven Imanuel Septory², Glendy Somae³, Heinrich Rakuasa³

¹ Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Pattimura, Ambon

² Department Human Computer Interaction, Surya University, Tangerang

³ Departemen Geografi, FMIPA, Universitas Indonesia, Depok

*E-mail Korespondensi: philialatue04@gmail.com

Artikel Masuk : Februari 2023

Artikel Diterima : Maret 2023

Tersedia Online : Maret 2023

Abstrak. Kecamatan Sirimau merupakan salah satu kecamatan di Kota Ambon yang sering terjadi banjir. Salah satu upaya awal untuk mitigasi bencana banjir yaitu dengan memetakan daerah rawan banjir di Kecamatan Sirimau. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan daerah rawan banjir Di Kecamatan Sirimau menggunakan metode *Multi-Criteria Analysis* (MCA). Variabel-variabel penyebab banjir yang digunakan yaitu kemiringan lereng, ketinggian, penggunaan lahan, buffer sungai, jenis tanah dan curah hujan yang kemudian dilakukan overlay menggunakan metode *Multi-Criteria Analysis* (MCA). Bahaya banjir di Kecamatan Sirimau dibagi menjadi tiga kelas yaitu kelas tinggi yang memiliki luas 540,09 ha atau 14,59%, kelas sedang seluas 1.607,14 ha atau 43,41% dan kelas rendah seluas 1.555,34 ha atau sebesar 42,01%. Daerah permukiman yang terdampak banjir di Kecamatan Seirmau berada pada kelas sedang seluas 660,16 ha (58,20 %) dan kelas tinggi yaitu seluas 474,21 ha atau sebesar 41,80 %. Desa yang memiliki presentasi luasan bahaya banjir terbesar pada setiap kelas bahaya banjir yaitu Desa Batu Merah. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu pemerintah dan masyarakat setempat untuk mitigasi bencana banjir kedepannya.

Kata kunci: model banjir, *Multi-Criteria Analysis* (MCA), Sirimau

Abstract. *Sirimau Sub-District is one of the sub-districts in Ambon City which is frequently flooded. One of the initial efforts to mitigate floods is by mapping flood-prone areas in Sirimau District. This study aims to model flood-prone areas in Sirimau District using the Multi-Criteria Analysis (MCA) method. The variables that cause flooding used are slope, elevation, land use, river buffer, soil type, and rainfall which are then overlaid using the Multi-Criteria Analysis (MCA) method. Flood hazard in Sirimau District is divided into three classes, namely high class which has an area of 540.09 ha or 14.59%, medium class covering 1607.14 ha or 43.41% and low class covering 1555.34 ha or 42.01%. Residential areas affected by flooding in Seirmau District are in the medium class with an area of 660.16 ha (58.20%) and high class with an area of 474.21 ha or 41.80%. The village that has the largest presentation of the flood hazard area in each flood hazard class is Batu Merah Village. The results of this study are expected to help the government and local communities to mitigate future flood disasters.*

Keywords: model banjir, *Multi-Criteria Analysis* (MCA), Sirimau



Pendahuluan

Banjir adalah salah satu bencana alam hidrometeorologi yang paling sering terjadi di daerah perkotaan. Salah satu factor yang paling memengaruhi terjadinya banjir di suatu daerah yaitu curah hujan yang tinggi, kondisi elevasi yang relative datar dan landai serta perilaku masyarakat yang di peduli dengan lingkungan seperti membuang sampah secara sembarangan dan penebangan pohon-pohan secara sembarangan. Banjir yang terjadi di suatu wilayah tentunya berdampak buruk bagi lingkungan yang ada dan menyebabkan kerugian materi yang tak terhingga serta menelan korban jiwa (Chen, 2022).

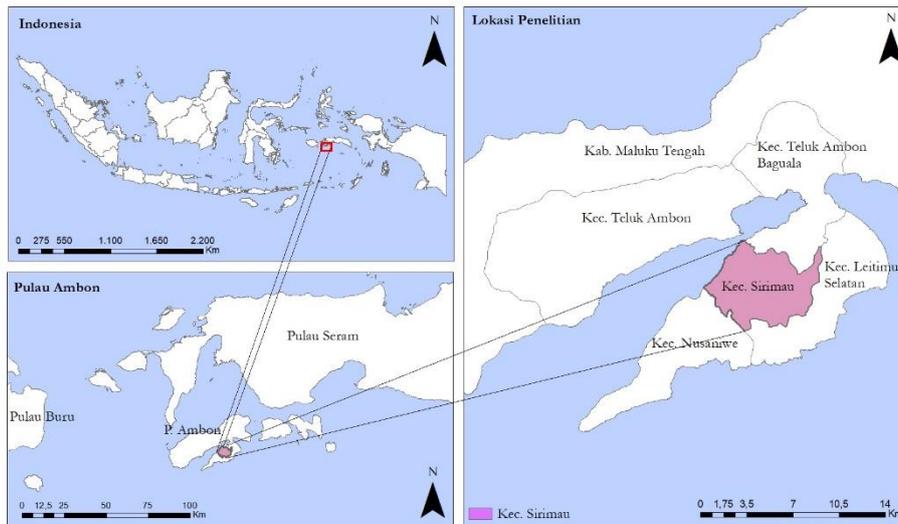
Menurut Rakuasa et al., (2022), Kecamatan Sirimau merupakan salah satu kecamatan di Kota Ambon yang sering dilanda banjir. Data kejadian banjir di tahun 2022 menunjukkan bahwa dibulan juni sebanyak enam kelurahan yang terendam banjir di Kecamatan Sirimau yaitu Kelurahan Amantelu, Batu Meja, Batu Merah, Batu Gajah, Karang Panjang dan Hative Kecil. Banjir ini merendam 783 rumah dan 1 unit fasilitas pendidikan. Genangan dengan tinggi muka air 50 – 80 cm mengakibatkan akses jalan berbahaya dilalui kendaraan. Kondisi tersebut juga mengganggu aktivitas masyarakat serta 3.126 warga terdampak dan satu warga ditemukan tewas (BNPB, 2022).

Salah satu upaya untuk mencegah dan meringankan kerugian dan kerusakan akibat bencana banjir di masa depan yaitu dengan melakukan pemetaan risiko banjir di Kecamatan Sirimau, Kota Ambon. Langkah awal yang perlu dilakukan yaitu melakukan penilaian bahaya banjir dengan mempertimbangkan pengaruh factor-faktor penyebab banjir yang kemudian dimodelkan secara spasial untuk mencerminkan distribusi spasial tingkat bahaya banjir melalui visualisasi peta bahaya banjir (Rakuasa et al., 2022). Dengan menggunakan teknologi geospasial yakni Sistem Informasi Geografis (SIG) kita dapat memodelkan dan memetakan bahaya banjir di suatu wilayah berdasarkan factor-faktor penyebab banjir, seperti curah hujan, kemiringan lereng, elevasi, tutupan laha dan jarak dari sungai untuk menghasilkan peta bahaya banjir dan peta prediksi permukiman terdampak banjir (Fenglin et al., 2023).

Sudah banyak metode dan model geospasial yang digunakan untuk memodelkan dan memetakan bahaya banjir, salah satu metode yang paling sering digunakan yaitu *Multi-criteria analysis* (MCA). Analisis multi-kriteria (MCA) adalah salah satu teknik analisis keputusan yang paling banyak digunakan di lingkungan GIS (Al-Taani et al., 2023), khususnya dalam studi bencana alam (Jozaghi et al., 2018). MCA berbasis GIS dapat dianggap sebagai seperangkat teknik dan prosedur yang mengubah dan menggabungkan data geografis dan preferensi pembuat keputusan untuk mendapatkan informasi pengambilan keputusan (Pham et al., 2023). Integrasi MCA dengan GIS untuk menganalisis zona bahaya banjir bergantung pada distribusi geografis alternatif dan pertimbangan nilai yang tergabung dalam proses pengambilan keputusan, dan menyediakan peta dasar untuk perencanaan dan perumusan yang lebih fleksibel dan keputusan risiko yang akurat (Doeffinger & Rubinyi, 2023). Penelitian ini merupakan penelitian pertama terkait pemetaan daerah rawan banjir berbasis spasial di Kecamatan Sirimau, Kota Ambon, sebelumnya sudah ada penelitian serupa di Kota Ambon tentang banjir tetapi lokasi kajian masih kecil seperti yang dilakukan oleh Tentua et al., (2018), di DAS Wae Ruhu, Rumihin et al., (2015) di DAS Batumerah dan Rakuasa & Latue, (2023) di DAS Wai Heru. Variabel kerawanan banjir yang digunakan dalam peneltiian ini juga lebih komplit dengan menggunakan 6 varibael dibandingkan penelitian-penelitian sebelumnya. Berdasarkan latar belakang diatas penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi daerah rawan banjir berbasis spasial di Kecamatan Sirimau, Kota Ambon

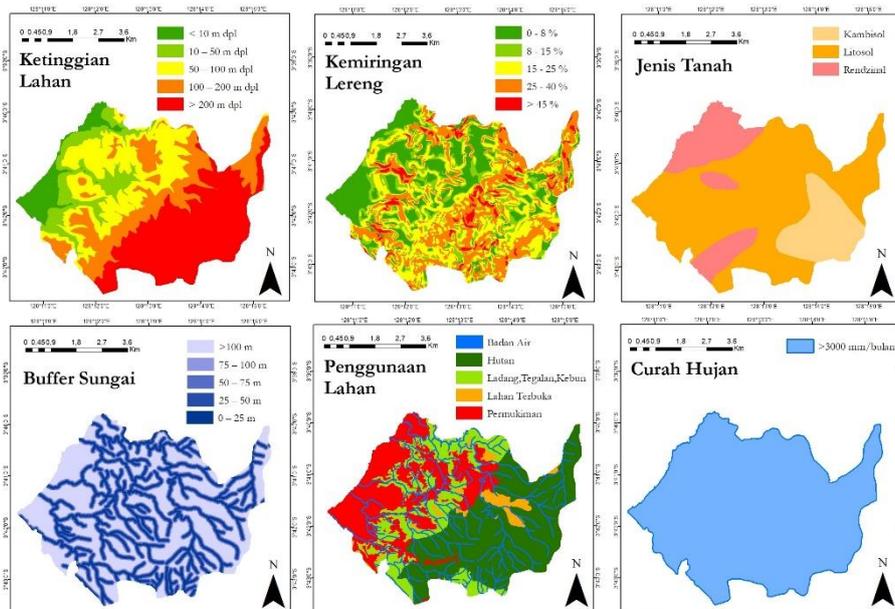
Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Sirimau, Kota Ambon yang memiliki luas wilayah sebesar 3.702,47 ha. Kecamatan Sirimau terdiri dari 14 Kelurahan/Desa diantaranya Soya, Kel. Waihoka, Kel. Karang Panjang, Kel. Batu Meja, Kel. Gajah, Kel. Ahusen, Kel. Honipopu, Kel. Uritetu, Kel. Rijali, Kel. Amantelu, Batu Meraj, Kel. Pandan Kasturi, hative Kecil, Galala. Secara spasial lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Untuk menganalisis data dalam penelitian ini menggunakan software Arc. GIS 10.8 dan Microsoft Office 365. Data yang dibutuhkan untuk penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Parameter Penyebab Banjir

Tabel 1. Data Penelitian

No	Jenis Data	Sumber Data	Output yang dihasilkan
1	Peta Batas Administrasi Kec. Sirimau	Badan Perencanaan dan Pembangunan Kota Ambon	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peta Batas Administrasi
2	Peta Vektor Rupa Bumi Indonesia (RBI) Kota Ambon	Website resmi Badan Informasi Geospasial; https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peta Buffer Sungai
3	(Digital Elevation Model) DEM Nasional	Website resmi Badan Informasi Geospasial; https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peta Ketinggian Lahan ▪ Peta Kemiringan Lereng

4	Citra Landsat 8	Website resmi United States Geological Survey (USGS); https://earthexplorer.usgs.gov/	▪ Peta Penggunaan Lahan
5	Data Curah Hujan	BMKG Kota Ambon	▪ Peta Curah Hujan
6	Jenis Tanah	Badan Perencanaan dan Pembangunan Kota Ambon	▪ Peta Jenis Tanah

Tantangan utama dalam menghasilkan peta zonasi bahaya banjir adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab bencana banjir dan faktor-faktor lingkungan penyebab bencana berdasarkan kondisi aktual wilayah studi dan karakteristik banjir lokal, dan menyiapkan peta-peta tematik yang sesuai dalam format geospasial. Berdasarkan Tabel 1, penelitian ini menggunakan enam parameter penyebab banjir yang dipilih berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya Rakuasa., (2022); Chen, (2022) dan kondisi umum lapangan diantaranya yaitu kemiringan lereng, ketinggian, penggunaan lahan, buffer sungai, jenis tanah dan curah hujan. Keenam parameter penyebab banjir kemudian dilakukan klasifikasi berdasarkan referensi yang digunakan (Gambar 2).

Penelitian ini menggunakan metode Multi-Criteria Analysis (MCA). Multi-Criteria Analysis (MCA) merupakan salah satu metode yang efektif untuk menganalisis bahaya banjir di suatu wilayah berdasarkan parameter-parameter penyebab banjir (Chen, 2022). Menurut penelitian-penelitian sbelumnya penggunaan metode Multi-Criteria Analysis (MCA) dapat membantu meningkatkan kualitas analisis banjir dan pengambilan keputusan terkait penanganan risiko banjir secara lebih efektif dan holistik. Menurut Chen, (2022), MCA dapat membantu mengidentifikasi faktor-faktor yang paling penting dalam memprediksi banjir. Dengan menganalisis berbagai kriteria seperti curah hujan, topografi, penggunaan lahan, dan sebagainya, MCA dapat membantu menentukan variabel-variabel yang paling berpengaruh dalam menyebabkan banjir. Oyedepo et al., (2021) berpendapat bahwa MCA dapat membantu mengintegrasikan berbagai perspektif dalam analisis banjir. Karena banjir mempengaruhi berbagai aspek kehidupan, seperti kesehatan, ekonomi, dan lingkungan, MCA dapat membantu menggabungkan berbagai perspektif dan kepentingan dalam proses pengambilan keputusan. Papaioannou et al., (2015) berpendapat bahwa MCA dapat membantu memilih solusi yang paling efektif dalam mengurangi risiko banjir. Dengan menggunakan MCA, berbagai opsi pengurangan risiko banjir dapat dievaluasi dan dinilai berdasarkan berbagai kriteria. Dengan begitu, solusi terbaik dapat dipilih dengan cara yang lebih objektif dan terukur. Menurut Chen, (2022), MCA dapat membantu mempertimbangkan risiko jangka panjang dan dampak yang lebih luas dari banjir. Dalam analisis banjir, penting untuk mempertimbangkan dampak jangka panjang dari banjir, seperti kerusakan infrastruktur, hilangnya sumber daya alam, dan sebagainya. Dengan MCA, dampak jangka panjang ini dapat dimasukkan ke dalam evaluasi keputusan.

Penelitian ini menggunakan metode Multi-Criteria Analysis (MCA) karena MCA dapat membantu mengidentifikasi faktor-faktor yang paling penting dalam memprediksi banjir. Keenam parameter yang digunakan diberikan bobot dan skor berdasarkan tingkat pengaruhnya yang menyebabkan banjir di Kecamatan Sirimau. Secara lengkap skor dan bobot parameter penyebab banjir dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Penyebab Banjir

No	Parameter	Klasifikasi	Skor	Bobot
1	Ketinggian Lahan	<10 mdpl	5	20
		10-50 mdpl	4	
		50-100 mdpl	3	
		100-200 mdpl	2	
		> 200 mdpl	1	
2	Kemiringan Lereng	0 -8 %	5	10
		8 -15 %	4	
		15 - 25%	3	
		25 - 40%	2	
		>45%	1	

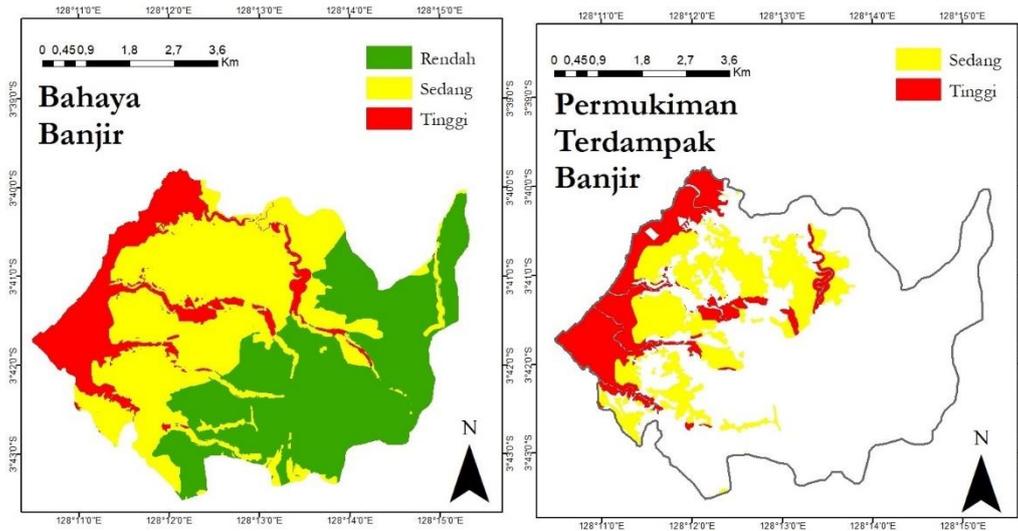
3	Jenis Tanah	Kambisol	3	10
		Litosol	4	
		Rendzinal	5	
4	Buffer Sungai	< 25 m	5	20
		25 - 50 m	4	
		50 - 75 m	3	
		75 - 100 m	2	
		>100 m	1	
5	Penggunaan Lahan	Badan Air	5	25
		Lahan Terbuka	4	
		Ladang, Tegalan, Kebun	3	
		Hutan	2	
		Permukiman	1	
6	Curah Hujan	>3000 mm/bulan	5	15

Sumber: (Chen, 2022); (Rakuasa et al., 2022)

Analisis bahaya banjir dilakukan dengan mengoverlay kemudian menjumlahkan skor serta bobot keenam parameter penyebab banjir menggunakan *tools field calculator* pada *software* Arc GIS. Rumus yang digunakan dalam penelitian ini dimodifikasi dari penelitian (Aziza et al, 2021); (Rakuasa et al., 2022); (Rakuasa & Latue, 2023) yaitu Bahaya Banjir = (Ketinggian Lahan × 20) + (Kemiringan Lereng × 10) + (Jenis Tanah × 10) + (Buffer Sungai × 20) + (Penggunaan Lahan × 25). Pengskoran dan pembobotan setiap parameter disesuaikan berdasarkan tingkat pengaruh parameter terhadap banjir. Pemberian skor dan bobot pada penelitian ini didasarkan pada penelitian-penelitian sebelumnya. Hasil penjumlahan skor serta bobot keenam parameter kemudian bagi menjadi tiga kelas bahaya banjir. Peta banjir kemudian dioverlay dengan data permukiman untuk memprediksi daerah permukiman yang terdampak banjir.

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah yang berada pada zona bahaya banjir kelas tinggi yaitu seluas 540,09 ha atau 14,59%, kelas sedang seluas 1.607,14 ha atau 43,41% dan kelas rendah seluas 1.555,34 ha atau sebesar 42,01%. Selengkapnya peta bahaya banjir di Kecamatan Sirimau dapat dilihat pada Gambar 3. Pada umumnya daerah yang memiliki potensi banjir yang tinggi merupakan daerah yang berada di ketinggian <10 mdpl, kemiringan lereng 0 -8 %, jenis tanah yang didominasi oleh jenis tanah Litosol dan Rendzinal yang memiliki sifat permeabilitas yang rendah, sehingga air hujan yang mengalir tidak dapat diserap oleh tanah dan mudah mengalir ke saluran air. Ini menyebabkan air hujan yang berlebihan mengalir ke lingkungan sekitar dan memicu banjir. Oleh karena itu, wilayah yang memiliki jenis ini memiliki potensi menjadi rawan banjir. Daerah yang rawan banjir di Kecamatan Sirimau pada umumnya adalah daerah yang berada dekat dengan sungai (>25 m). Hal ini di dukung oleh pendapat dari Sitorus et al., (2021), yang mengatakan bahwa semakin dekat suatu wilayah dengan sungai, semakin tinggi kemungkinan wilayah tersebut akan terkena banjir ketika sungai meluap atau saat terjadi curah hujan yang tinggi di sekitar wilayah sungai. Oleh karena itu, wilayah yang berdekatan dengan sungai cenderung lebih rawan banjir dibandingkan wilayah yang berada jauh dari sungai.



Gambar 3. Peta Bahaya & Permukiman Terdampak Banjir di Kecamatan Sirimau

Curah hujan yang tinggi dan tipe penggunaan lahan yang terdiri dari badan air, lahan terbuka, ladang, tegalan, kebun, serta permukiman menjadi factor yang paling mempengaruhi tingkat rawan banjir suatu wilayah. Menurut Maryono, (2020), penggunaan lahan yang tidak bertanggung jawab dapat mengurangi kapasitas dasar untuk menampung air hujan, sehingga air hujan yang tidak terabsorpsi dengan baik akan mengalir ke daerah sekitarnya dan menyebabkan banjir. Beberapa contoh penggunaan lahan yang menjadi faktor rawan banjir adalah penebangan liar, pembangunan permukiman tanpa rencana drainase yang baik, dan pembangunan jalan yang tidak memperhatikan prinsip-prinsip pengelolaan air. Oleh karena itu, penggunaan lahan harus dilakukan dengan memperhatikan prinsip-prinsip pengelolaan lahan yang baik dan mempertimbangkan dampak lingkungan agar tidak menimbulkan masalah banjir.

Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa daerah bahaya banjir pada kelas tinggi merupakan daerah yang berada dipesisir pantai yang memiliki topografi yang landai serta dekat dengan sungai. Kelurahan/Desa yang berada pada kelas tinggi bahaya banjir yaitu Kel. Ahusen, Kel. Honipopu, Kel. Rijali, Uritetu dan Kel. Batu Meja. Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa Kelurahan/Desa yang memiliki luasan terbesar pada kelas tinggi bahaya banjir yaitu Batu Merah yaitu seluas 120,93 ha dan pada kelas sedang yaitu 673,76 ha. Selengkapnya luas bahaya banjir di Kecamatan Sirimau dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Luas Bahaya Banjir di Kecamatan Sirimau

Kelurahan/Desa	Luas Kelas Bahaya Banjir (ha)		
	Tinggi	Sedang	Rendah
Soya	21,93	550,28	1436,49
Kel. Ahusen	28,46	-	-
Kel. Honipopu	41,20	-	-
Kel. Rijali	40,20	-	-
Uritetu	44,51	-	-
Kel. Batu Meja	24,00	-	-
Kel. Batu Gajah	25,38	67,88	-
Kel. Amantelu	13,10	71,13	-
Kel. Karang Panjang	18,80	34,06	-
Batu Merah	120,93	673,76	118,55

Pandan Kasturi	41,97	11,01	-
Galala	8,95	-	-
Hative Kecil	93,74	105,87	0,02
Waihoka	16,67	49,23	0,01

Pada Gambar 3 dapat dilihat prediksi permukiman terdampak banjir. Permukiman yang terdampak banjir adalah permukiman yang terkena genangan air atau banjir saat terjadi curah hujan yang tinggi atau meluapnya sungai dan danau di sekitarnya (Matondang et al., 2022). Biasanya, permukiman ini terletak di daerah yang rawan banjir dan sering kali mengakibatkan kerugian materiil dan non-materiil bagi warga yang tinggal di sana. Prediksi permukiman terdampak banjir di Kecamatan Sirimau dibagi menjadi tiga kelas yaitu rendah, sedang, tinggi tetapi pada kenyataannya diketahui bahwa permukiman terdampak banjir di Kecamatan Sirimau terdiri dari dua kelas yaitu sedang dan tinggi. Kelas sedang pada permukiman terdampak banjir di Kecamatan Sirimau yaitu seluas 660,16 ha (58,20 %) dan kelas tinggi yaitu seluas 474,21 ha atau sebesar 41,80 %.

Pemetaan daerah rawan banjir sangat bermanfaat dalam perencanaan pembangunan suatu daerah, dimana pemetaan daerah rawan banjir dapat membantu perencanaan pembangunan dengan memperhitungkan potensi dampak banjir sehingga dapat diambil tindakan pencegahan yang tepat (Somae & Rakuasa, 2022). Hasil penelitian ini merupakan salah satu upaya mitigasi bencana banjir yang dilakukan di Kecamatan Sirimau. Upaya mitigasi yang dilakukan masyarakat di Kota Ambon masih bersifat partisipatif, dengan adanya peta daerah rawan banjir dan peta prediksi permukiman terdampak banjir tentunya menjadi referensi baru bagi masyarakat untuk mengetahui daerah rawan banjir di Kecamatan Sirimau. Pemetaan daerah rawan banjir dapat membantu pemerintah dan masyarakat untuk mengidentifikasi dan mengelola risiko banjir, sehingga dapat meminimalisir dampak negatif dari bencana banjir itu sendiri.

Kesimpulan

Metode Multi-Criteria Analysis (MCA) sangat baik digunakan untuk memodelakan bahaya banjir disuatu daerah. Hasil pemodelan daerah rawan banjir di Kecamatan Sirimau dengan menggunakan variable kemiringan lereng, ketinggian, penggunaan lahan, buffer sungai, jenis tanah dan curah hujan menunjukkan bahwa bahaya banjir kelas tinggi memiliki luas 540,09 ha atau 14,59%, kelas sedang seluas 1.607,14 ha atau 43,41% dan kelas rendah seluas 1.555,34 ha atau sebesar 42,01%. Daerah permukiman yang terdampak banjir di Kecamatan Seirimau berada pada kelas sedang seluas 660,16 ha (58,20 %) dan kelas tinggi yaitu seluas 474,21 ha atau sebesar 41,80 %. Desa yang memiliki presentasi luasan bahaya banjir terbesar pada setiap kelas bahaya banjir yaitu Desa Batu Merah.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu pemerintah dan masyarakat Kecamatan Sirimau dalam memahami dan mengelola risiko banjir dengan lebih efektif. Informasi yang diperoleh dari pemetaan bahaya banjir dapat digunakan sebagai dasar untuk merencanakan tindakan mitigasi dan penanganan bencana yang lebih efektif, serta membangun kesadaran masyarakat tentang risiko banjir dan bagaimana mengatasinya. Dengan demikian, diharapkan dapat mengurangi dampak buruk yang ditimbulkan oleh banjir di Kota Ambon.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Pattimura dan Departemen Geografi, FMIPA, Universitas Indonesia yang sudah bekerjasama dalam penelitian ini

Daftar Pustaka

- Al-Taani, A., Al-husban, Y., & Ayan, A. (2023). Assessment of potential flash flood hazards. Concerning land use/land cover in Aqaba Governorate, Jordan, using a multi-criteria technique. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 26(1), 17–24. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2022.12.007>
- Aziza, S.N., Somantri, L., Setiawan, I. (2021). Analisis Pemetaan Tingkat Rawan Banjir di Kecamatan Bontang Barat Kota Bontang Berbasis Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 9(2), 109–120. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23887/jjpg.v9i2.35173>
- BNPB. (2022). *Satu Korban Jiwa Akibat Banjir di Kota Ambon*. BNPB. <https://bnpb.go.id/index.php/berita/satu-korban-jiwa-akibat-banjir-di-kota-ambon>
- Chen, Y. (2022). Flood hazard zone mapping incorporating geographic information system (GIS) and multi-criteria analysis (MCA) techniques. *Journal of Hydrology*, 612, 128268. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128268>
- Doeffinger, T., & Rubinyi, S. (2023). Secondary benefits of urban flood protection. *Journal of Environmental Management*, 326, 116617. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116617>
- Fenglin, W., Ahmad, I., Zelenakova, M., Fenta, A., Dar, M. A., Teka, A. H., Belew, A. Z., Damtie, M., Berhan, M., & Shafi, S. N. (2023). Exploratory regression modeling for flood susceptibility mapping in the GIS environment. *Scientific Reports*, 13(1), 247. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-27447-0>
- Heinrich Rakuasa, Daniel A Sihasale, Marhelin C Mehdila, A. P. W. (2022). Analisis Spasial Tingkat Kerawanan Banjir di Kecamatan Teluk Ambon Baguala, Kota Ambon. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing (JGRS)*, 3(2), 60–69. <https://doi.org/https://doi.org/10.23960/jgrs.2022.v3i2.80>
- Heinrich Rakuasa, G. S. (2022). Analisis Spasial Kesesuaian dan Evaluasi Lahan Permukiman di Kota Ambon. *Jurnal Sains Informasi Geografi (J SIG)*, 5(1), 1–9. <https://doi.org/DOI: http://dx.doi.org/10.31314/j%20sig.v5i1.1432>
- Jozaghi, A., Alizadeh, B., Hatami, M., Flood, I., Khorrami, M., Khodaei, N., & Ghasemi Tousi, E. (2018). A Comparative Study of the AHP and TOPSIS Techniques for Dam Site Selection Using GIS: A Case Study of Sistan and Baluchestan Province, Iran. *Geosciences*, 8(12), 494. <https://doi.org/10.3390/geosciences8120494>
- Maryono, A. (2020). *Menangani banjir, kekeringan dan lingkungan*. UGM PRESS.
- Matondang, M. A., Perwira Mulia, A., & Faisal, M. (2022). Analisa Area Genangan Banjir Sungai Babura Berbasis Hec-Ras dan Gis. *Jurnal Health Sains*, 3(1), 180–201. <https://doi.org/10.46799/jsa.v3i1.381>
- Oyedepo, J. A., Adegboyega, J., Oluyeye, D. E., & Babajide, E. I. (2021). Weighted Linear Combination Procedures with GIS and Remote Sensing in Flood Vulnerability Analysis of Abeokuta Metropolis in Nigeria. *Nigerian Journal of Environmental Sciences and Technology*, 5(1), 240–257. <https://doi.org/10.36263/nijest.2021.01.0260>
- Papaioannou, G., Vasilades, L., & Loukas, A. (2015). Multi-Criteria Analysis Framework for Potential Flood Prone Areas Mapping. *Water Resources Management*, 29(2), 399–418. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0817-6>
- Pham, T. L., Tong, S. S., & Nguyen, V. N. (2023). *Flash Flood Hazard Mapping Based on Analytic Hierarchy Process for a Complex Terrain: A Case Study of Chu Lai Peninsula, Vietnam* (pp. 573–590). https://doi.org/10.1007/978-3-031-17808-5_35
- Rakuasa, H., Helwend, J. K., & Sihasale, D. A. (2022). Pemetaan Daerah Rawan Banjir di Kota Ambon Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian*, 19(2), 73–82. <https://doi.org/https://doi.org/10.15294/jg.v19i2.34240>
- Rakuasa, H., & Latue, P. C. (2023). ANALISIS SPASIAL DAERAH RAWAN BANJIR DI DAS WAE HERU, KOTA AMBON. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 10(1), 75–82. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2023.010.1.8>
- Rumihin, A., Djajadi, R., & Kusumastuti, C. (2015). ANALISIS BANJIR DI DAS WAI RUHU DAN WAI BATU MERAH, AMBON. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 4(1), 1–8.
- Sitorus, I. H. D., Bioresita, F., & Hayati, N. (2021). Analisa Tingkat Rawan Banjir di Daerah Kabupaten Bandung Menggunakan Metode Pembobotan dan Scoring. *Jurnal Teknik ITS*, 10(1), C14–C19.
- Tentua, V. C., Gaspersz, E. J., & Puturu, F. (2018). Evaluasi Permukiman Berdasarkan Tingkat Kerawanan Banjir Pada Das Wae Ruhu. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 14(12), 113–124.