

ANALISIS SPASIAL DAERAH RAWAN BANJIR DI DAS WAE HERU, KOTA AMBON

Spatial Analysis of Flood Problem Area in Wae Heru Watershed, Ambon City

Heinrich Rakuasa^{1*}, Philia Christi Latue²

¹Departemen Geografi, FMIPA, Universitas Indonesia, Depok 16424

²Departemen Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Pedagogis Negeri Herzen Rusia, Saint Petersburg, 191186

*Penulis korespondensi: heinrichrakuasa02@gmail.com

Abstrak

Intensitas curah hujan yang tinggi mengakibatkan meluapnya DAS Wae Heru yang mengakibatkan bencana banjir bandang yang melanda pemukiman penduduk di sekitar DAS Wae Heru. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara spasial tingkat kerawanan banjir dan keterpaparannya terhadap permukiman di DAS Wae Heru Kota Ambon. Penelitian ini menggunakan teknik overlay, metode skoring dan pembobotan menggunakan software ArcMap 10.8 sebagai pendekatan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Variabel yang digunakan meliputi curah hujan, elevasi, kemiringan lereng, jenis tanah, tutupan lahan dan jarak dari sungai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kerawanan banjir didominasi oleh tingkat kerawanan rendah sebesar 361,28 ha dan tingkat kerawanan banjir di permukiman didominasi oleh kawasan kerawanan tinggi seluas 54,68 ha. Hasil kajian diharapkan dapat bermanfaat dalam upaya mitigasi banjir untuk meminimalisir kerugian, baik korban jiwa maupun kerusakan fisik.

Kata kunci: *analisis spasial, bahaya, banjir, Sistem Informasi Geografis*

Abstract

The intensity of the high rainfall resulted in the overflow of the Wae Heru watershed, which resulted in a catastrophic flood that hit residential areas around the watershed. This study aimed to analyze spatially the level of flood hazard and its exposure to settlements in the Wae Heru watershed, Ambon City. This research used overlay technique, scoring method and weighting using ArcMap 10.8 software as a Geographic Information System (GIS) based approach. The variables used included rainfall, elevation, slope, soil type, land cover and distance from the river. The results showed that the flood hazard level was dominated by a low hazard level of 361.28 ha and the flood exposure level in settlements was dominated by a high hazard area of 54.68 ha. The results of the study are expected to be useful in flood mitigation efforts to minimize losses, both fatalities and physical damage.

Keywords: *floods, Geographic Information Systems, hazards, spatial analysis*

Pendahuluan

Perubahan iklim yang terjadi membuat meningkatnya frekuensi kejadian bencana hidrometeorologi di Indonesia salah satunya yaitu bencana banjir (Klipper *et al.*, 2021). Banjir merupakan limpasan air yang melebihi tinggi muka air normal, sehingga melimpas dari palung sungai menyebabkan genangan pada lahan rendah di sisi

sungai (Cabrera dan Lee, 2020). Secara sederhana banjir didefinisikan sebagai peristiwa atau keadaan terendamnya suatu daerah atau daratan karena volume air yang meningkat.

Berdasarkan Laporan Kajian Kerentanan dan Resiko Iklim Pulau Ambon dan Pulau Lease (USAID, 2017), Kota Ambon memiliki potensi luasan banjir yang berada pada kelas sedang dan potensi penduduk yang terpapar berada pada kelas

tinggi. Berdasarkan Indeks Resiko Bencana Indonesia (RBI) di tahun 2021 tercatat 3.115 kejadian bencana alam yang telah terjadi banjir mendominasi sebanyak 1.310 kejadian. Kota Ambon masuk dalam kelas risiko bencana banjir sedang dengan skor 11.85 (BNPB, 2021b).

Daerah Aliran Sungai (DAS) Wae Heru yang terletak di Desa Waiheru yang berada di Kecamatan Teluk Ambon Baguala yang memiliki siklus banjir tahunan yang disebabkan oleh intensitas hujan yang tinggi dan buruknya kondisi sungai, dan tidak diimbangi dengan penyerapan air yang baik sehingga air meluap menimbulkan bencana banjir (Hermawan *et al.*, 2021). Saat musim hujan daerah ini sering dilanda banjir dipengaruhi oleh faktor hidrometeorologi dan kondisi fisik wilayah yang ada (Marasabessy *et al.*, 2020).

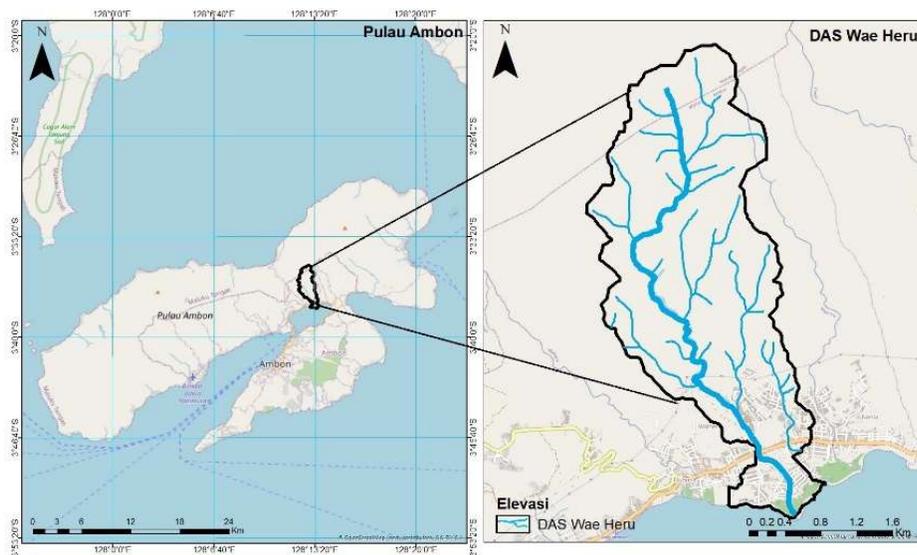
Berdasarkan laporan BNPB Kota Ambon bulan juni tahun 2022 daerah Kota Ambon dilanda curah hujan yang tinggi hingga meluapnya DAS Wae Heru sehingga sejumlah rumah warga di Waiheru terendam banjir. Diperkirakan sebanyak 783 rumah dan 3.126 jiwa terdampak banjir pada tahun 2022, ketinggian banjir yang mencapai 1,5 m sangat berdampak buruk bagi aktivitas kegiatan masyarakat (BNPB, 2022). Kerusakan akibat banjir dan dampaknya sangat merugikan masyarakat sehingga upaya mitigasi bencana banjir sangat diperlukan untuk meminimalisir dampak yang terjadi (Monger *et al.*, 2022). Daerah berpenduduk padat lebih mungkin mengalami banjir, dan dampaknya akan lebih besar daripada daerah lainnya (Bajracharya *et al.*, 2021). Analisis spasial untuk identifikasi tingkat bahaya banjir di DAS Wae Heru

sangat diperlukan untuk memberikan informasi sebagai langkah awal upaya mitigasi bencana banjir kedepannya. Identifikasi tingkat kerawanan banjir dilakukan dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk memetakan dan memprediksi daerah yang rawan serta memprediksi permukiman warga yang terpapar banjir. Menurut Bansal *et al.* (2022) SIG efektif dan efisien dalam upaya memetakan daerah rawan banjir dengan menggunakan metode tumpang susun/*overlay* variabel-variabel penyebab banjir.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara spasial daerah rawan banjir di DAS Wae Heru.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Wae Heru, Kota Ambon, Provinsi Maluku yang memiliki luas 727, 44 ha. Secara spasial lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Penelitian ini menggunakan variabel kemiringan lereng dan ketinggian lahan yang dianalisis dari data DEM Nasional Kota Ambon Lembar 2612-23 dan Lembar 2612-24. Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Kota Ambon skala 1:50.000-Badan Informasi Geospasial yang digunakan untuk mengolah data jarak dari sungai data curah hujan di peroleh dari BMKG Kota Ambon. Data Peta jenis tanah Kota Ambon skala 1; 50.000 diperoleh dari BAPEKOT Ambon. Data tutupan lahan hasil Interpertasi dan klasifikasi citra SPOT 7 Kota Ambon diperoleh dari BAPEKOT Ambon.

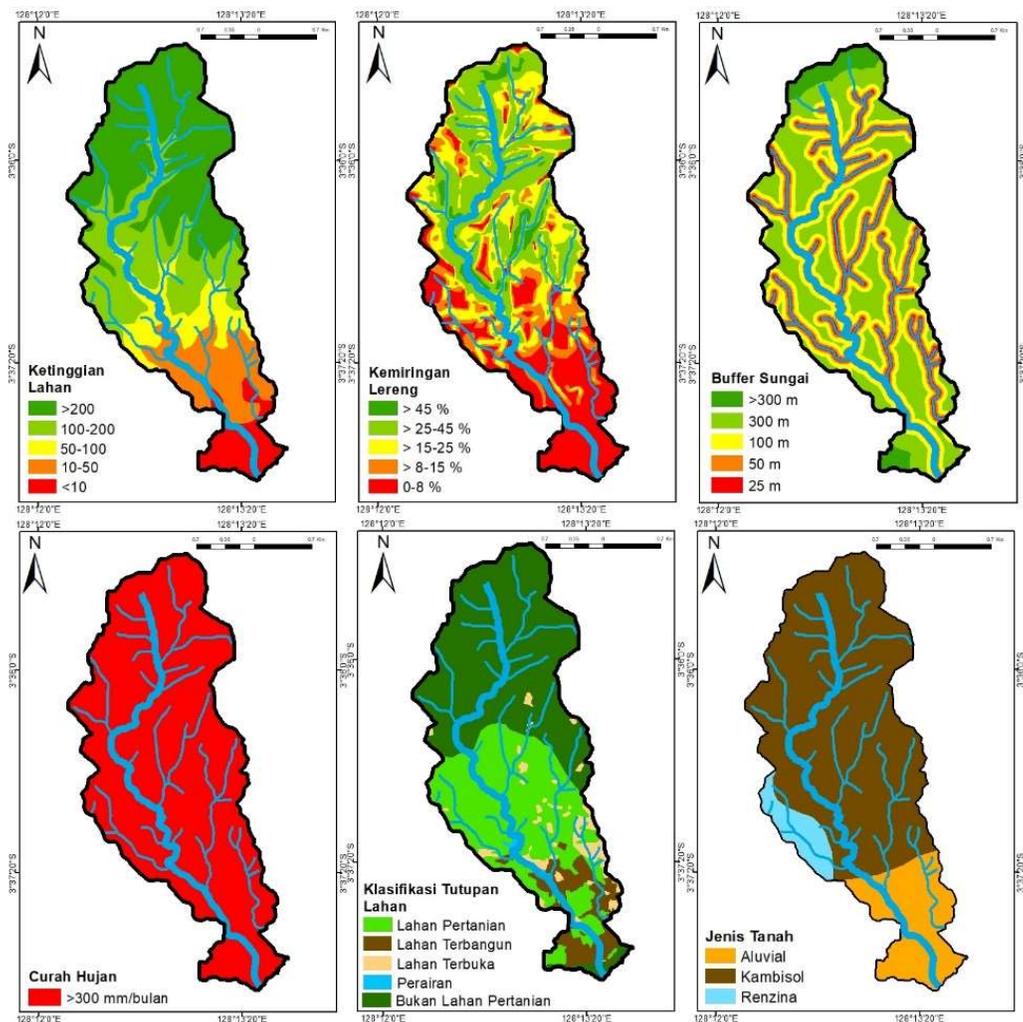


Gambar 1. Lokasi penelitian.

Software yang digunakan untuk proses pengolahan dan analisis data dalam penelitian ini adalah *Microsoft Office 365* dan *Arc GIS 10.8*.

Penelitian ini menggunakan metode Multicriteria Evaluation (MCE) untuk menentukan bobot dan metode yang tepat. Metode MCE sudah sangat banyak digunakan oleh peneliti-peneliti sebelumnya dan dinilai sangat efektif dan efisien dalam analisis bahaya banjir di suatu daerah (Hazarika *et al.*, 2018; Tzioutzios dan Kastridis, 2020). Selain metode MCE penelitian ini juga menggunakan *Weighted Linear Combination (WLC)* untuk menganalisis daerah rawan banjir yang sebelumnya sudah digunakan oleh Oyedepo *et al.* (2021) untuk menganalisis kerentanan banjir di Kota Abeokuta, Nigeria. Analisis daerah rawan banjir menggunakan variabel, Iklim/Curah Hujan (CH), Tutupan Lahan (PL), Bentuk Lahan (BL),

Elevasi (E), Jenis Tanah dan Buffer Sungai. Proses pembuatan model rawan banjir diperlukan bobot/skorng setiap variabel banjir dan setiap variabel banjir mempunyai kelas kriteria (Sitorus *et al.*, 2021). Menurut Aziza *et al.* (2021), daerah yang berada di ketinggian lahan yang rendah sangat berpotensi tergenang banjir. Kemiringan lereng di DAS Wae Heru didominasi oleh kemiringan lereng 0-8% (datar) yang membuat daerah ini selalu tergenang dan banjir akibat aliran limpasan permukaan yang lambat ketika musim hujan. Secara spasial kemiringan lereng DAS Wae Heru disajikan pada Gambar 2. Menurut Kusumo dan Nursari, (2016), kemiringan lereng mempengaruhi arah, laju, dan juga konsentrasi air hujan. Daerah dengan kemiringan lereng yang relatif datar akan membuat daerah tersebut selalu tergenang dan banjir ketika musim hujan.



Gambar 2. Variabel kerawanan banjir.

Berdasarkan peta curah hujan Daerah Aliran Sungai (DAS) Wae Heru pada Gambar 2, total curah hujan rata-rata di Kecamatan Teluk Ambon Baguala dari tahun 2014-2022 adalah 3413.2 mm/tahun.

Berdasarkan klasifikasi Haryani *et al.* (2012); Kusumo dan Nursari (2016); Aziza *et al.* (2021), Daerah Aliran Sungai (DAS) Wae Heru termasuk dalam kelas sangat basah dengan jumlah curah hujan >3.000 mm sehingga menyebabkan wilayah ini termasuk dalam kategori sangat rawan banjir. Menurut Osei *et al.* (2021) variabel curah hujan sangat berpengaruh dan memicu terjadinya banjir di suatu daerah, semakin tinggi curah hujan maka potensi banjir di daerah itu semakin besar. Menurut Aziza *et al.* (2021) daerah yang dekat dengan sungai merupakan daerah yang paling berpotensi terjadinya banjir. Salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Wae Heru pada bulan juli tahun 2022 yaitu curah hujan yang tinggi hingga meluapnya DAS Wai Heru, dan berdasarkan hasil observasi lapangan diketahui bahwa permukiman yang berada dekat dengan sungai banyak yang tergenang banjir. Penggunaan lahan merupakan salah satu variabel penting untuk analisis kerentanan banjir (Teng *et al.*, 2017). Banyaknya volume genangan air dan waktu

yang diperlukan untuk surut menjadi masalah yang sering terjadi ketika banjir (Kodoatie, 2021). Hal ini terjadi karena kuantitas resapan menjadi kecil akibat diatas tanah yang dulunya bisa meresap air, kini berubah menjadi bangunan permanen yang kedap air. Secara spasial variabel kerawanan banjir dapat dilihat pada Gambar 2. Pemetaan daerah rawan banjir dilakukan dengan cara mengabungkan atau overlay variabel penyebab banjir dengan metode Composite Mapping Analysis (CMA) (Mudashiru *et al.*, 2021). Kriteria dan skoring dari setiap variabel penyebab banjir dapat dilihat pada Tabel 1.

Pembobotan daerah rawan banjir di Kota Ambon dihitung dengan menggunakan rumus yang dimodifikasi dari penelitian Haryani *et al.* (2012), Kusumo dan Nursari (2016), dan Aziza *et al.* (2021) sebagai berikut:

$$KB = (10 \times KEL) + (15 \times CH) + (10 \times JT) + (20 \times KL) + (20 \times BS)$$

Keterangan : KB = Kerawanan Banjir, KEL = Kemiringan Lereng, PL = Penggunaan Lahan, CH = Curah Hujan, JT = Jenis Tanah, dan KL = Ketinggian Lahan, BS = Buffer Sungai.

Tabel 1. Variabel kerawanan banjir.

No	Variabel	Klasifikasi	Skor	Bobot
1	Kemiringan Lereng	0-8 %	5	10
		3-15 %	4	
		15-25 %	3	
		25-40 %	3	
		>40 %	1	
2	Ketinggian Lahan	0-20 mdpl	5	20
		21-50 mdpl	4	
		51-100 mdpl	3	
		101-300 mdpl	2	
		>300 mdpl	1	
3	Penggunaan Lahan	Badan air	5	25
		Permukiman	3	
		Lahan Terbuka	4	
		Ladang, Tegalan, kebun campuran	2	
		Hutan	1	
4	Buffer Sungai	0-25 m	5	20
		25-50 m	4	
		50-75 m	3	
		75-100 m	2	
		>100 m	1	
5	Jenis Tanah	Aluvial	5	10
		Kambisol	3	
		Rendzina	4	
6	Curah Hujan	>3000 mm/bulan	5	15

Interval tingkat kerawanan banjir di Kecamatan Teluk Ambon Baguala diklasifikasi menggunakan rumus dari Aziza *et al.* (2021) sebagai berikut:

$$I = \frac{R}{K}$$

Keterangan : I = Lebar interval, R = Range atau rentang beda nilai data tertinggi dikurangi data terendah, dan K = Jumlah interval kelas.

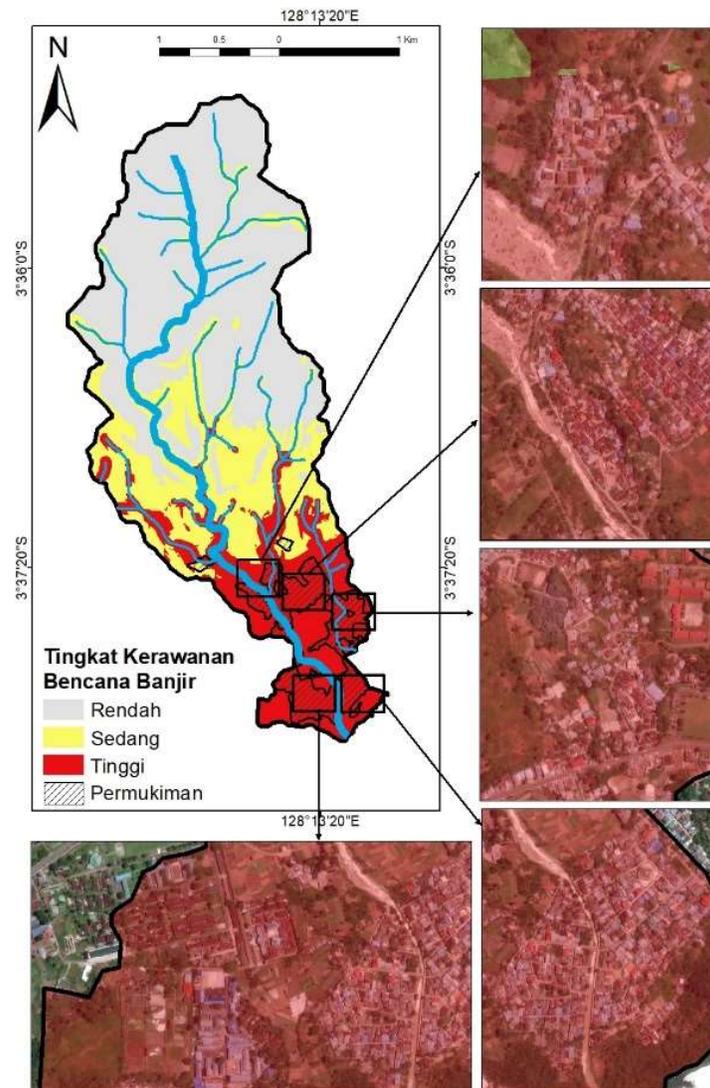
Tingkat kerawanan banjir Daerah Aliran Sungai (DAS) Wae Heru, Kota Ambon diklasifikasikan menjadi 3 kelas yang terdiri atas: rendah, sedang dan tinggi. Peta daerah rawan banjir yang sudah ada kemudian di *overlay* dengan data lahan terbangun/permukiman yang diperoleh dari data tutupan lahan untuk mengetahui sebaran lahan

lahan terbangun/permukiman yang berada pada ketiga kelas kerawanan banjir.

Hasil dan Pembahasan

Tingkat kerawanan banjir merupakan peristiwa terbenamnya daratan (yang biasanya kering) karena volume air yang meningkat pada setiap unit lahan yang diperoleh berdasarkan nilai kerawanan banjir (Kusumo dan Nursari, 2016).

Dari enam parameter tersebut kemudian di *overlay* untuk klasifikasikan skor total dengan rumus untuk membagi menjadi tiga kelas kerawanan banjir yaitu tinggi, sedang dan tinggi. Secara spasial tingkat Kerawanan Banjir di DAS Wae Heru dapat dilihat pada Gambar 3.

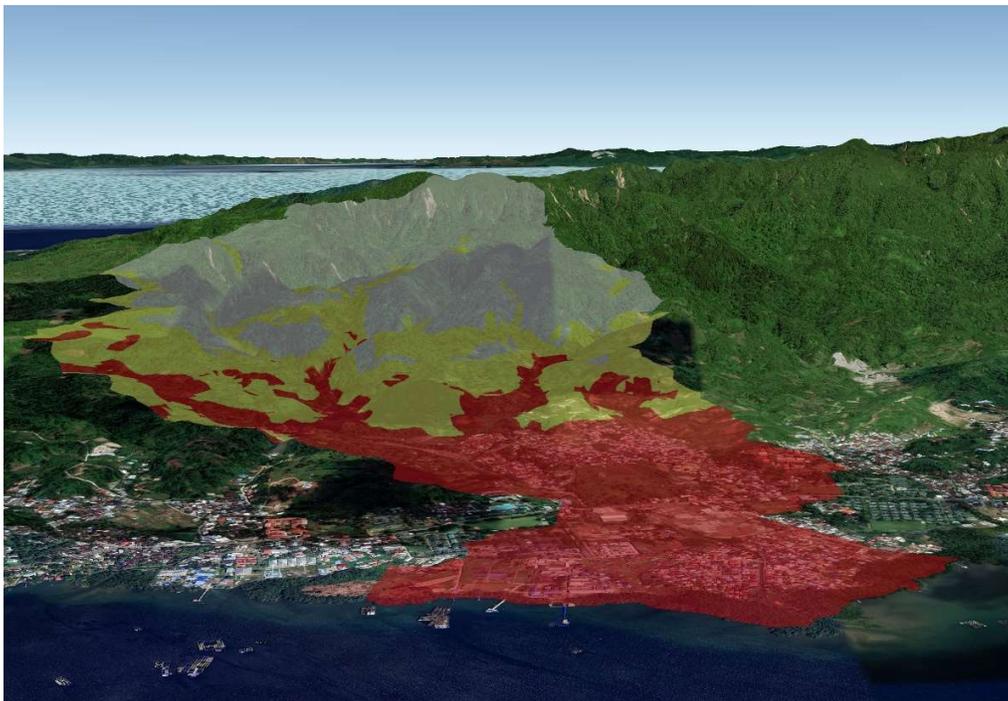


Gambar 3. Peta kerawanan banjir di DAS Wae Heru.

Berdasarkan hasil klasifikasi wilayah kerawanan bencana banjir Daerah Aliran Sungai (DAS) Wae Heru, daerah yang berada pada kelas kerawanan rendah memiliki luas 361,28 ha atau sebesar 49,51%. Hal ini karena daerah ini memiliki topografi berbukit dan tutupan lahan yang mendominasi yaitu daerah pertanian, jenis tanah yang didominasi oleh Kambisol dengan penggunaan lahan yang masih banyak vegetasi, jaraknya jauh dari sungai serta kemiringan lereng yang curam menyebabkan aliran limpasan permukaan menjadi cepat dan tidak akan menggenangi daerah ini, sehingga resiko banjir menjadi kecil.

Kelas kerawanan sedang yang memiliki luas 188,30 ha atau sebesar 25,81%. Hal ini karena daerah ini berada pada dataran rendah dan tutupan

lahan yang mendominasi yaitu lahan terbuka dan permukiman. Jenis tanah di daerah ini yaitu lempung sehingga tanah akan cepat jenuh jika curah hujan tinggi akibatnya proses infiltrasi akan berjalan lambat hingga akhirnya menimbulkan genangan air di permukaan. Kemiringan lereng pada daerah ini yaitu datar dan landai. Daerah yang memiliki kerawanan tinggi yaitu seluas 180,11 ha atau sebesar 24,68%. Sebagian besar wilayah ini berada di wilayah pesisir yang memiliki bentuk lahan dan elevasi yang landai dan datar, serta sangat dekat dengan daerah aliran sungai. Jenis tutupan lahan pada daerah ini juga di dominasi oleh lahan permukiman dan lahan terbuka, dan jenis tanah yang didominasi oleh Aluvial dan Renzina. Secara spasial peta kerawanan bencana banjir di DAS Wae Heru dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 4. Model 3 dimensi kerawanan banjir di DAS Wae Heru.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Penganggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Ambon bahwa DAS Wae Heru yang berada di Kecamatan Teluk Ambon Baguala, Kota Ambon berada pada intensitas bahaya banjir yang sangat tinggi sehingga bencana alam banjir menjadi ancaman prioritas utama untuk diantisipasi supaya dampak merugikan baik korban jiwa maupun kerusakan bangunan dapat di minimalisir (BNPB,

2021a). Menurut Sarmah *et al.* (2020), salah satu bentuk antisipasi tersebut adalah dengan mempediksikan seberapa besar luas lahan terbangun/permukiman yang berada pada daerah rawan bencana banjir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebesar 97,44% atau seluas 56,68 ha permukiman di DAS Batu Merah yang berada pada daerah dengan bahaya banjir tinggi dan seluas 2,55% atau seluas 1,49 ha permukiman yang

berada pada daerah dengan bahaya sedang dan tidak ada permukiman DAS Wae Heru yang berada di daerah dengan bahaya banjir rendah. Secara spasial Sebaran lahan permukiman yang berada pada daerah rawan banjir dapat dilihat pada Gambar 3.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian daerah rawan banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Wae Heru dengan menggunakan keenam parameter yang dimodifikasi dari peneliti-peneliti sebelumnya, menunjukkan bahwa daerah yang memiliki kerawanan tinggi yaitu daerah yang berada pada elevasi dan kemiringan lereng yang datar dan landau, kemiringan lereng yang datar, ketinggian lahan >20 mdpl, jarak yang dekat dengan sungai, memiliki jenis tanah alluvial, serta intensitas curah hujan yang tinggi. Daerah dengan tingkat kerawanan yang tinggi serta permukiman penduduk yang yang diperdiksikan terdampak tersebar merata di daerah pesisir yang bertopografi datar dan landai, sebaliknya dengan tingkat kerawanan sedang dan rendah dimana semakin jauh dari sungai dan berada pada topografi yang berbukit maka sangat tidak mungkin untuk terendam banjir.

Hasil penelitian diharapkan dapat membantu pemerintah Kota Ambon dan instansi terkait terkhususnya pemerintah Kecamatan Teluk Ambon Baguala dan Pemerinta Desa Waiheru dalam upaya mitigasi bencana banjir kedepannya dan dalam upaya penataan ruang berbasis mitigasi bencana. Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan menjadi refrensi bagi peneliti-peneliti yang melakukan penelitian serupa kedepannya serta diharapkan menambahkan parameter lainya guna menganalisis wilayah rawan banjir yang lebih akurat kedepannya

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih pada Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, dan Departemen Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Pedagogis Negeri Herzen Rusia yang sudah bekerjasama dalam penelitian ini

Daftar Pustaka

Aziza, S.N., Somantri, L. dan 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, doi:10.23887/jjppg.v9i2.35173.

- Bajracharya, S.R., Khanal, N.R., Nepal, P., Rai, S.K., Ghimire, P.K. and Pradhan, N.S. 2021. Community assessment of flood risks and early warning system in Ratu Watershed, Koshi Basin, Nepal. *Sustainability* 13(6), doi:10.3390/su13063577.
- Bansal, N., Mukherjee, M. and Gairola, A. 2022. Evaluating urban flood hazard index (UFHI) of Dehradun city using GIS and multi-criteria decision analysis. *Modeling Earth Systems and Environment* 8(3):4051-4064, doi:10.1007/s40808-021-01348-5.
- BNPB. 2021a. Dokumen Kajian Risiko Bencana Kota Ambon Tahun 2017-2021.
- BNPB. 2021b. Indeks Risiko Bencana Indonesia (RBI) Tahun 2021. Pusat Data, Informasi dan Komunikasi Kebencanaan Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- BNPB. 2022. Satu Korban Jiwa Akibat Banjir di Kota Ambon. BNPB.
- Cabrera, J.S. and Lee, H.S. 2020. Flood risk assessment for Davao Oriental in the Philippines using geographic information system-based multi-criteria analysis and the maximum entropy model. *Journal of Flood Risk Management* 13(2), doi:10.1111/jfr3.12607.
- Haryani, N.S., Zubaidah, A., Dirgahayu, D., Yulianto, H.F. dan Pasaribu, J. 2012. Model bahaya banjir menggunakan data penginderaan jauh di Kabupaten Sampang. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital* 9(1).
- Hazarika, N., Barman, D., Das, A.K., Sarma, A.K. and Borah, S.B. 2018. Assessing and mapping flood hazard, vulnerability and risk in the Upper Brahmaputra River valley using stakeholders' knowledge and multicriteria evaluation (MCE). *Journal of Flood Risk Management* 11: S700-S716, doi:10.1111/jfr3.12237.
- Hermawan, Y., Jaya, I. and Kosasih, B.A.E.P. 2021. Flood Risk Assessment for Ambon City. 7th International Seminar of HATHI, 1–12.
- Klipper, I.G., Zipf, A. and Lautenbach, S. 2021. Flood impact assessment on road network and healthcare access at the example of Jakarta, Indonesia. *AGILE: GIScience Series* 2:1-11, doi:10.5194/agile-giss-2-4-2021.
- Kodoatie, R.J. 2021. *Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota*. Penerbit Andi.
- Kusumo, P. dan Nursari, E. 2016a. Zonasi tingkat kerawanan banjir dengan sistem informasi geografis pada DAS Cidurian Kab. Serang, Banten. *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)* 1(1).
- Kusumo, P. dan Nursari, E. 2016b. Zonasi tingkat kerawanan banjir dengan Sistem Informasi Geografis pada DAS Cidurian Kabupaten Serang, Banten. *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)* 1(1):29-38, doi:10.30998/string.v1i1.966.
- Marasabessy, M., Pallu, M.S., Lopa, R.T. and Thaha, M.A. 2020. Development of flood forecasting model and warning systems at Way Ruhu-Ambon. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*

- 419(1):12115, doi:10.1088/1755-1315/419/1/012115.
- Monger, F., Spracklen, D., Kirkby, M. and Schofield, L. 2022. The impact of semi-natural broadleaf woodland and pasture on soil properties and flood discharge. *Hydrological Processes* 36(1), doi:10.1002/hyp.14453.
- Mudashiru, R.B., Sabtu, N., Abustan, I. and Balogun, W. 2021. Flood hazard mapping methods: A review. *Journal of Hydrology* 603:126846, doi:10.1016/j.jhydrol.2021.126846.
- Osei, B.K., Ahenkorah, I., Ewusi, A. and Fiadonu, E.B. 2021. Assessment of flood prone zones in the Tarkwa mining area of Ghana using a GIS-based approach. *Environmental Challenges* 3:100028, doi:10.1016/j.envc.2021.100028.
- Oyedepo, J.A., Adegboyega, J., Oluyeye, D.E. and 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, doi:10.36263/nijest.2021.01.0260.
- Sarmah, T., Das, S., Narendr, A. and Aithal, B.H. 2020. Assessing human vulnerability to urban flood hazard using the analytic hierarchy process and geographic information system. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 50:101659, doi:10.1016/j.ijdrr.2020.101659.
- Sitorus, I.H.O., Bioresita, F. dan Hayati, N. 2021. Analisa tingkat rawan banjir di Daerah Kabupaten Bandung menggunakan metode pembobotan dan scoring. *Jurnal Teknik ITS* 10(1):C14-C19.
- Teng, J., Jakeman, A.J., Vaze, J., Croke, B.F.W., Dutta, D. and Kim, S. 2017. Flood inundation modelling: A review of methods, recent advances and uncertainty analysis. *Environmental Modelling & Software* 90:201-216, doi:10.1016/j.envsoft.2017.01.006.
- Tzioutzios, C. and Kastridis, A. 2020. Multi-Criteria Evaluation (MCE) method for the management of woodland plantations in floodplain areas. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 9(12), doi:10.3390/ijgi9120725.
- USAID. 2017. Laporan Kajian Kerentanan dan Resiko Iklim Pulau Ambon dan Pulau Leasa.