

Pemodelan Spasial Daerah Rawan Banjir di DAS Batu Merah Kota Ambon

*Theochrasia Latue*¹, *Philia Christi Latue*²

¹ Oil And Gas Well Drilling, Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russian Federation

² Faculty of Biology, Department of Biology, Herzen University, Saint Petersburg, Russian Federation

KATA KUNCI

Analisis Spasial; Banjir; DAS Batu Merah

KORESPONDENSI

Phone: +7 999 537 03 21

E-mail: philialatue04@gmail.com

A B S T R A K

Curah hujan yang tinggi yang terjadi tiga bulan terakhir menyebabkan terjadinya banjir di beberapa daerah Kota Ambon. Pemodelan daerah rawan banjir di Kecamatan DAS Batu Merah sangat diperlukan untuk memberikan informasi sebagai langkah awal upaya mitigasi bencana banjir ke depannya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara spasial tingkat kerawana banjir dan permukiman yang terdampak di DAS Batu Merah. Metode yang digunakan yaitu pembobotan dan skoring atau weighted scoring dilakukan setelah proses klasifikasi nilai dalam tiap variabel. Variabel yang mempengaruhi terjadinya banjir pada penelitian ini terdiri dari ketinggian lahan, kemiringan lereng, penggunaan lahan, jarak dari sungai, jenis tanah dan curah hujan. Penentuan bobot dan skor pada penelitian ini bersifat expertise judgment yaitu mengambil pendapat para ahli atau penelitian sebelumnya. Hasil pembobotan kemudian dilakukan dioverlay untuk mendapatkan peta kerawanan banjir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kerawanan banjir didominasi oleh tingkat kerawanan rendah sebesar 164.08 ha, kerawanan sedang sebesar 356.04 ha dan kerawanan tinggi seluas 134.90 ha. Hasil pemodelan dan observasi di lapangan menunjukkan bahwa luas permukiman yang terdampak banjir yaitu seluas 283.47 ha. Hasil penelitian diharapkan dapat dijadikan dasar dalam upaya mitigasi bencana banjir ke depannya guna meminimalisir kerugian, baik korban jiwa maupun kerusakan fisik di DAS Batu Merah, Kota Ambon

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang terletak di wilayah tropis dengan iklim yang beragam. Salah satu masalah lingkungan utama yang dihadapi oleh negara ini adalah banjir yang sering kali terjadi akibat curah hujan yang tinggi. Kota Ambon, sebagai ibu kota Provinsi Maluku, tidak luput dari masalah ini. Salah satu daerah yang paling rentan terhadap banjir adalah Daerah Aliran Sungai (DAS) Batu Merah (Rakuasa et al., 2023). Oleh karena itu, pemetaan kawasan rawan banjir di DAS Batu Merah menjadi penting untuk memahami risiko banjir dan mengambil tindakan mitigasi yang tepat. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB, 2018), menjelaskan bahwa, Kota Ambon merupakan daerah yang memiliki indeks resiko bencana tertinggi di Provinsi Maluku, Kota Ambon merupakan daerah yang sering terjadi bencana banjir yang disebabkan dari pengaruh faktor hidrometeorologi dan kondisi fisik wilayah yang ada (Rakuasa et al., 2022; Latue et al., 2023)

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan salah satu sumberdaya alam yang sangat penting untuk keberlanjutan ekosistem dan pembangunan keberlanjutan (Wada et al., 2020; Rakuasa et al., 2022). DAS telah menjadi salah satu subjek utama yang menarik untuk pengelolaan lingkungan dan perencanaan penggunaan lahan karena dapat digunakan sebagai indikator dari dampak aktivitas manusia terhadap sistem perairan (Xu et al., 2020; Rakuasa et al., 2022). Namun daerah aliran sungai cenderung mendapat tekanan seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan perkembangan luasan lahan permukiman yang pesat mengakibatkan terjadinya penurunan daya dukung lingkungan (Tan et al., 2022; Pertuack et al., 2023) dan kerusakan lingkungan di daerah aliran sungai (Latue & Rakuasa, 2023)

Menurut laporan kajian kerentanan dan risiko iklim Provinsi Maluku (USAID, 2017) menjelaskan bahwa potensi luasan bencana banjir, Kota Ambon masuk pada kelas sedang, namun jika dibandingkan dengan potensi penduduk yang terpapar banjir, Ambon termasuk dalam kelas yang tinggi. Potensi penduduk yang terpapar banjir di antaranya di Kelurahan:

Batu Meja, Karang Panjang, Batu Gajah, Honipopu, Wainitu, Waihaong, Silale, Ahusen, Uritetu, Rijali, Pandan Kasturi, Batu Merah, Urimeasing, dan Desa Amahusu, serta Desa Nusaniwe (Latue et al., 2023).

Banjir dapat terjadi setiap saat dan menyebabkan dampak kerugian dalam skala cukup besar, baik dari segi Infrastruktur maupun korban jiwa. Di Kota Ambon sendiri, banjir terjadi hampir setiap tahun dan penanganan yang dilakukan belum begitu maksimal (Muin & Rakuasa, 2023). Menurut Rakuasa (2022), lingkungan juga dapat sebagai sumberdaya bahkan sumber bahaya (*hazard*). Kondisi lingkungan yang berubah secara cepat akan menimbulkan perubahan dalam bentuk bencana, baik itu tanah banjir tanah longsor dan lainnya. Hal ini tentunya menjadi persoalan yang dapat mengancam masyarakat yang ada di daerah tersebut (Afrian, 2021).

Sistem Informasi Geografis (SIG) mampu menciptakan protokol pengambilan keputusan untuk manajemen lahan dengan mengembangkan model hubungan antara *environmental values* dengan berbagai data layer pada suatu wilayah perencanaan (Osei et al., 2021) SIG sangat memiliki peran dalam pembangunan berkelanjutan pasca bencana, pada saat tanggap darurat dapat menyajikan data yang informatif dan komunikatif sehingga membantu pengambilan keputusan serta pada jangka menengah dan panjang dapat menjadi basis utama dalam pembangunan berbasis mitigasi bencana (Samantaray et al., 2021)

Penelitian ini dilakukan di DAS Batu Merah yang berada di Kecamatan Sirimau, yang merupakan kecamatan dengan jumlah penduduk terbanyak di Kota Ambon yaitu 1.916,795 jiwa/km² (BPS, 2021). DAS Wae Batu Merah merupakan salah satu yang terbesar di Kota Ambon (Rakuasa et al., 2022). Letak geografis DAS Wae Batu Merah berada dekat dengan pusat Kota Ambon dan sangat berpotensi memicu alih fungsi lahan yang nantinya akan berdampak pada penurunan kualitas air, pencemaran air, banjir erosi yang semakin meningkat kedepannya (Latue et al., 2023)

Mengingat begitu besarnya dampak banjir terhadap banyaknya korban yang dapat ditimbulkan dan pelaksanaan pembangunan maka diperlukan survei dan pemetaan untuk menentukan zona rawan DAS Wae Batu Merah Kota Ambon untuk mengantisipasi kerugian yang dapat diakibatkan bencana banjir. Risiko dan dampak terhadap timbulnya bencana banjir yang sering terjadi di Kota Ambon, dapat dikurangi atau diminimalkan dengan melakukan kesiapan dan pencegahan terhadap bencana banjir. Salah satu yang dilakukan adalah mengenal dan mengetahui wilayah yang berpotensi banjir. Berdasarkan latar belakang diatas penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daerah rawan banjir di DAS Batu Merah, Kota Ambon

TINJAUAN PUSTAKA

Banjir

Banjir adalah bencana alam yang terjadi hampir setiap tahun terutama pada wilayah perkotaan (Faiza Amira et al., 2020). Rehman et al., (2019) mendefinisikan banjir sebagai suatu peristiwa alam yang menyebabkan kerusakan yang meluas, berdampak buruk terhadap kehidupan sehari-hari dan menimbulkan kerentanan, termasuk paparan fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan. Banjir telah diidentifikasi sebagai kondisi naiknya permukaan air di daerah pesisir, waduk, sungai, dan kanal (Abid. et al., 2020). Bencana banjir bukan hanya merungikan secara material tetapi juga mengakibatkan kerusakan lingkungan, sumber daya alam dan juga berpengaruh pada kesehatan manusia (Chan et al., 2022).

Dalam bukunya yang Berjudul Menangani Banjir, Kekeringan dan Lingkungan, Maryono, (2020) mengklasifikasi banjir menjadi tiga bagian yaitu banjir kecil, banjir menengah dan banjir besar. Banjir kecil ditandai dengan genangan-genangan air hujan diberbagai tempat, banjir menengah ditandai dengan meluapnya sungai dan menggenangi daerah-daerah bantaran sungai dan sekitarnya sedangkan banjir besar menerjang kawasan yang cukup luas ditandai dengan tenggelam dan rusaknya berbagai fasilitas umum, permukiman serta mengakibatkan kerusakan lingkungan yang hebat.

Pemodelan Spasial

Pemodelan spasial merupakan instrumen penting untuk melakukan analisis fenomena geografis (Rocha & Tenedório, 2018). Pemodelan spaial menggunakan Teknik analisis data spasial untuk menghasilkan model-model spasial fenomena yang ada di permukaan bumi dengan tujuan utama untuk memahami fenomena yang terjadi serta memprediksi kejadian yang akan terjadi (Bakka et al., 2018). Sebagai salah satu langkah dalam mitigasi banjir, pemodelan spasial dan GIS dapat diterapkan untuk memetakan daerah rawan banjir di DAS Wae Batu Merah Kota Ambon.

Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai atau DAS merupakan daerah daratan yang menyatu dan merupakan bagian dari sungai dan anak-anak sungai yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air ke laut dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke sungai, ke danau maupun kelaut secara alami (Mardiatno & Marfai, 2021). Sembiring, (2022) Menjelaskan secara sederhana bahwa yang dimaksud dengan DAS atau Daerah Aliran Sungai adalah satu kesatuan wilayah tata air yang terbentuk secara alamiah dimana fungsinya yaitu mengalirkan semua air hujan yang jatuh ke daerah DAS melalui sungai dan anak sungai yang saling berkaitan.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 37 tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS), mendefinisikan daerah aliran sungai sebagai suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (Peraturan Pemerintah nomor 37 tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS)).

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan DAS Batu Merah, Kota Ambon Provinsi Maluku. Tipe penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif dengan menggunakan metode Spatial Multi Criteria Evaluation (SMCE) atau pemodelan spasial dengan pendekatan Sistem Informasi Geografis untuk memprediksi potensi daerah rawan banjir disuatu daerah dengan menggunakan parameter fisik maupun parameter social (Cabrera & Lee, 2020) (Rakuasa & Latue, 2023). Penelitian ini menggunakan enam variabel utama, yakni: Iklim/Curah Hujan (CH), Penggunaan Lahan (PL), Bentuk Lahan, Lereng (L), Elevasi (E), Jenis Tanah dan *Buffer* Sungai. Keenam variabel tersebut menjadi aspek dasar yang digunakan dalam penentuan wilayah kerentanan terhadap bahaya banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Wae Batu Merah Kota Ambon.

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data spasial dan data tabular. Keduanya meliputi data kuantitatif maupun kualitatif. Teknik pemerolehan dilakukan baik secara langsung melalui kegiatan survei lapang pada daerah penelitian (primer) maupun melalui studi literatur dan pengajuan permohonan data kebeberapa instansi terkait (sekunder). Selengkapannya data penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Penelitian

NO	Jenis Data	Komponen Data	Sumber Data	Teknik Pengambilan Data
1	Data Primer	Validasi Tutupan Lahan	Survei Lapangan	Survei Lapangan
		Validasi Daerah Rawan Banjir	Survei Lapangan	Survei Lapangan
2	Data Sekunder	Batas Das	Analisis DEM	Studi Pustaka
		Citra SPOT 7	BAPEKKOT Ambon Badan Informasi Geospasial/ BAPEKKOT Ambon	Studi Pustaka
		Jaringan Jalan	PU Balai DAS/ BAPEKKOT Ambon	Studi Pustaka
		Jaringan Sungai	BAPEKKOT Ambon	Studi Pustaka
		Iklim/Curah Hujan (CH)	BMKG Ambon	Studi Pustaka
		Jenis Tanah	Dinas Pertanian/ BAPEKKOT Ambon	Studi Pustaka
		Kemiringan lereng Buffer Sungai	DEMNAS BIG Buffer Jaringan Sungai BPBD Kota Ambon/ BAPEKKOT Ambon	Studi Pustaka Studi Pustaka
Daerah Rawan banjir	BAPEKKOT Ambon	Studi pustaka		

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) sebagai berikut:

$$\text{Kerawanan Banjir} = (10 \times KL) + (20 \times PL) + (20 \times CH) + (20 \times JT) + (10 \times E) + (20 \times BS)$$

Tabel. Variabel Kerawanan Banjir

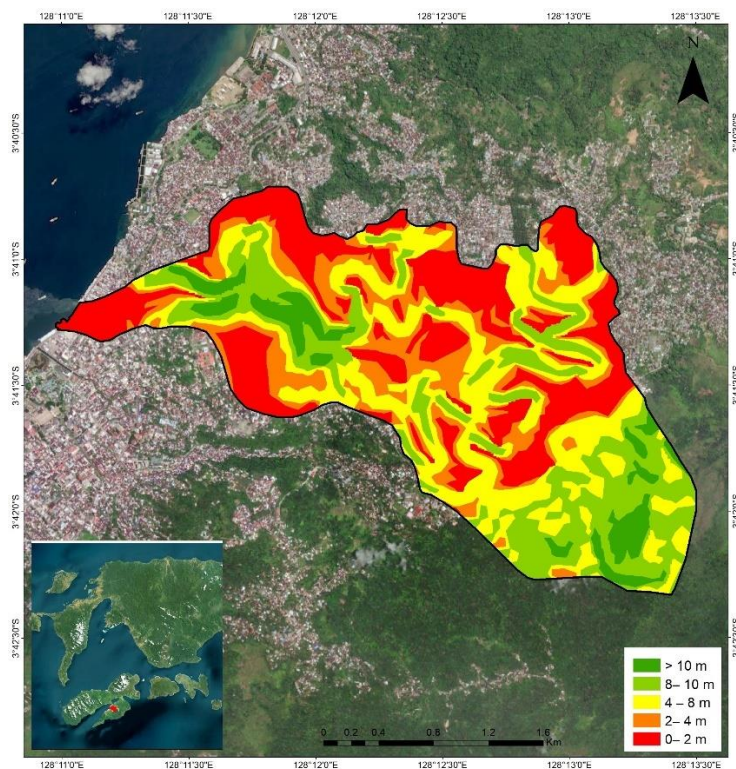
No	Variabel	Klasifikasi	Skoring	Bobot
1	Iklim/Curah Hujan (CH)	▪ Curah Hujan >3000 mm	5	20
		▪ Curah Hujan 2500 – 3000 mm	4	
		▪ Curah Hujan 2000 – 2500 mm	3	
		▪ Curah Hujan 1500 – 2000 mm	2	
		▪ Curah Hujan < 1500 mm	1	
2	Penggunaan Lahan (PL)	▪ Badan Air	5	20
		▪ Lahan Terbuka	4	
		▪ Permukiman	3	
		▪ Lahan Pertanian	2	
		▪ Hutan	1	
3	Kemiringan Lereng (KL)	▪ 0- 4%	5	10
		▪ 4 – 8%	4	
		▪ 8 – 15%	3	
		▪ 15–25%	2	
		▪ 25 45%	1	
4	Elevasi (E)	▪ 0– 2 mdpl	5	10
		▪ 2– 4 mdpl	4	
		▪ 4 – 8 mdpl	3	
		▪ 8– 10 mdpl	2	
		▪ > 10 mdpl	1	
5	Jenis Tanah (JT)	▪ Kambisol	4	20
		▪ Litosol	3	
		▪ Rendzina	1	
6	Buffer Sungai (BS)	▪ 0-25 m	5	20
		▪ 25-50 m	4	
		▪ 50-75 m	3	
		▪ 75-100 m	2	
		▪ >100 m	1	

Sumber: (Rakuasa & Latue, 2023; Muin & Rakuasa, 2023)

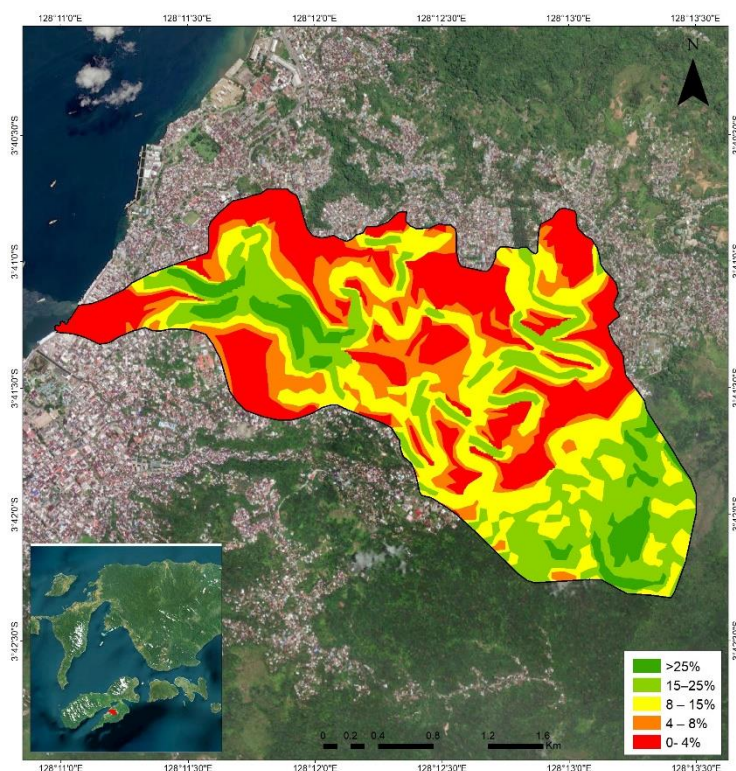
Tingkat kerawanan banjir di DAS Batu Merah diklasifikasikan menjadi tiga kelas yang terdiri atas: rendah, sedang dan tinggi. Peta daerah rawan banjir yang sudah ada kemudian dioverlay dengan data lahan terbangun/ permukiman yang diperoleh dari data tutupan lahan untuk mengetahui sebaran lahan terbangun/ permukiman yang berada pada ketiga kelas kerawanan banjir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat kerawanan banjir di DAS Batu Merah dipengaruhi oleh variabel- variabel penyebab banjir diantaranya yaitu kemiringan lereng, elevasi, penggunaan lahan, jenis tanah, buffer sungai atau jarak dari sungai, dan curah hujan. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebesar 79.90 % atau seluas 523.39 ha wilayah penelitian berada pada ketinggian >100 mdpl, sebesar 5,18% atau seluas 33.94 ha wilayah penelitian berada pada ketinggian 0-25 m mdpl, sebesar 5.09 % atau seluas 33.32 ha wilayah penelitian berada pada ketinggian 25-50 mdpl, sebesar 4.92% atau seluas 32.22 ha wilayah penelitian berada pada ketinggian 75-100 mdpl, sebesar 4,91% atau seluas 32,16 ha wilayah penelitian berada pada ketinggian 50-75 m. Variabel elevasi memiliki pengaruh signifikan terhadap kerawanan banjir di suatu wilayah. Elevasi adalah ketinggian permukaan tanah di atas permukaan laut, dan faktor ini mempengaruhi bagaimana air mengalir dan meresap dalam lingkungan yang diberikan. Menurut Rakuasa et al., (2023), daerah dengan elevasi rendah memiliki kemungkinan yang lebih tinggi untuk tergenang air selama periode banjir. Tanah yang lebih rendah cenderung menjadi tempat aliran air berkumpul, menyebabkan banjir permukaan lebih mudah terjadi. Peta Elevasi wilayah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Elevasi DAS Batu Merah

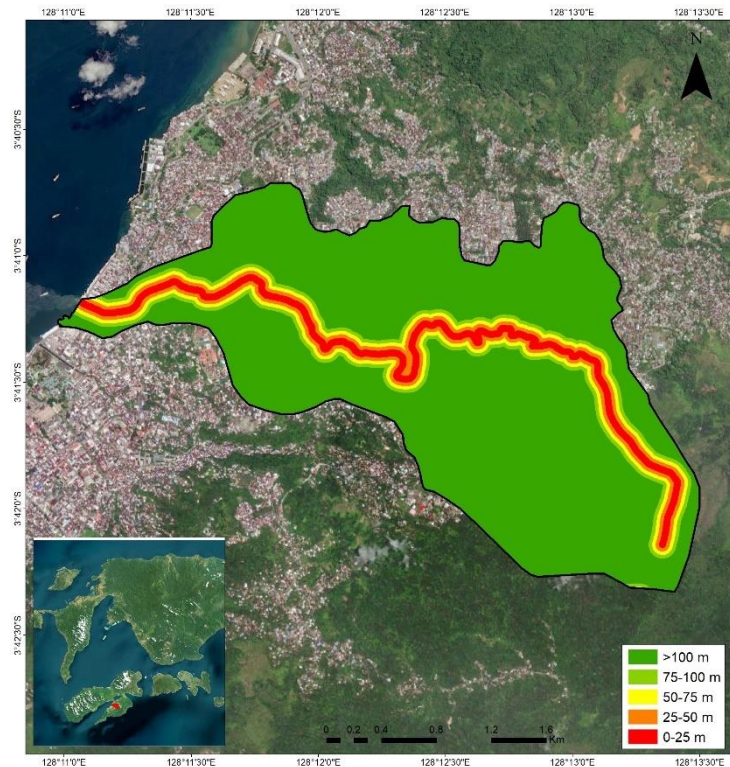


Gambar 2. Peta Kemiringan Lereng DAS Batu Merah

Menurut Mudashiru et al., (2021), Elevasi juga berhubungan dengan kemiringan lereng, daerah dengan elevasi tinggi dan lereng curam memiliki potensi lebih besar untuk banjir bandang. Curamnya lereng dapat menyebabkan aliran air menjadi lebih cepat dan lebih kuat, meningkatkan risiko erosi tanah dan kejadian banjir yang parah (Sugandhi et al., 2023). Ullah et al., (2016), menambahkan bahwa variabel kemiringan lereng mempengaruhi kerawanan banjir di suatu wilayah karena memiliki dampak langsung pada aliran air permukaan dan erosi tanah. Menurut Bates, (2022) Daerah dengan kemiringan lereng yang curam, air hujan cenderung mengalir lebih cepat di permukaan tanah, hal ini tentunya

menyebabkan aliran permukaan yang lebih kuat dan lebih besar, meningkatkan risiko terjadinya banjir karena sistem drainase alami dan saluran mungkin tidak mampu menampung volume air yang tinggi (Latue & Rakuasa, 2023).

Hasil analisis menunjukkan bahwa kemiringan lereng 0 - 4% memiliki presentase luasan sebesar 27.71 % atau seluas 181.50 ha, lereng dengan kemiringan 8 – 15 % memiliki presentase luas sebesar 26.87 % atau seluas 176.03 ha, lereng dengan kemiringan 15 – 25 % memiliki presentase luas sebesar 22.49 %, lereng dengan kemiringan 4 – 8 % memiliki presentase luas sebesar 16.43 %, atau seluas 107.60 ha, dan kemiringan lereng >25% memiliki luas 42.58 ha atau sebesar 6.50 % dari total luasan lokasi penelitian. Selengkapnuya peta kemiringan lereng lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

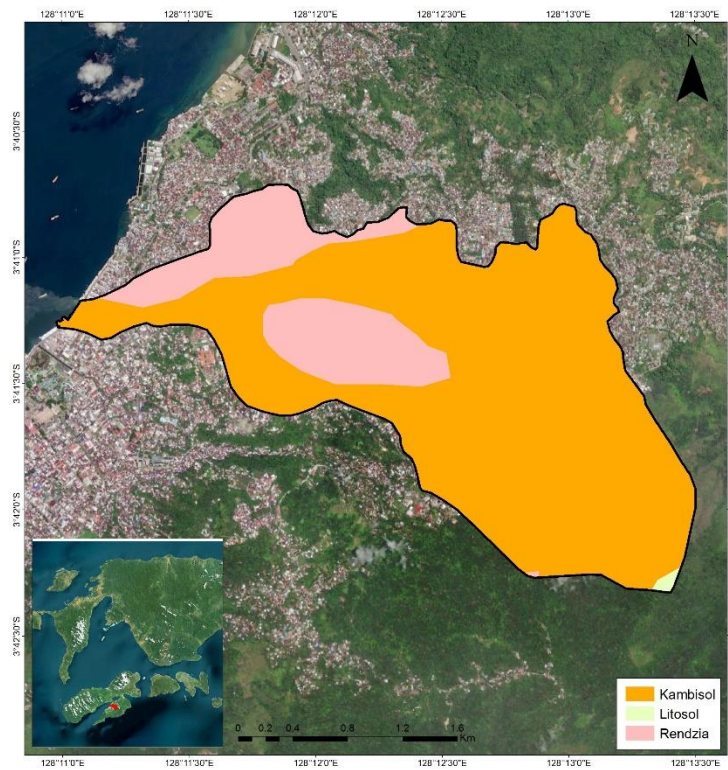


Gambar 3. Peta Buffer dari DAS Batu Merah

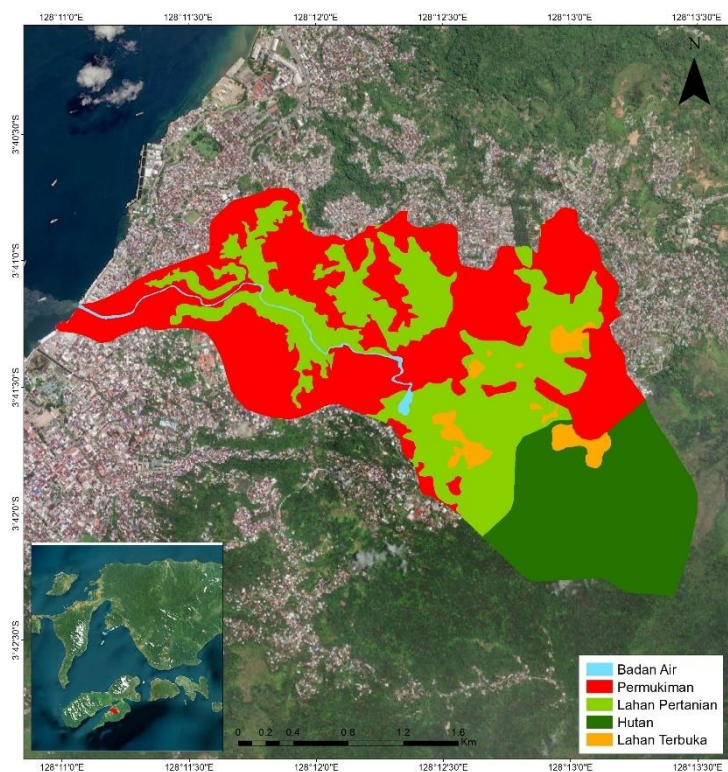
Berdasarkan Gambar 3, diketahui bahwa daerah yang berjarak 0-25 m dari sungai memiliki luas 523.39 ha, atau sebesar 5.18 % , daerah yang berjarak 25-50 m dari sungai memiliki luas 33.32 ha, atau sebesar 5.09 %, daerah yang berjarak 50-75 m dari sungai memiliki luas 32.16 ha atau sebesar 4.91 %, daerah yang berjarak 75-100 m dari sungai memiliki luas 32.22 ha atau sebesar 4.92% dan daerah yang berjarak >100 m dari sungai memiliki luas 523.39 ha atau sebesar 79.90%. Variabel jarak dari sungai mempengaruhi kerawanan banjir di suatu wilayah karena menentukan seberapa dekat suatu wilayah dengan aliran sungai, dan ini berhubungan erat dengan potensi banjir yang mungkin terjadi. Menurut Tambunan, (2017), semakin tinggi kemungkinan wilayah tersebut terkena banjir saat sungai meluap. Wilayah yang berada di dekat sungai, terutama di dataran banjir alami, berisiko tinggi terkena banjir ketika volume air sungai meningkat akibat curah hujan yang tinggi atau faktor lainnya (Rakuasa & Latue, 2023).

Berdasarkan Gambar 4, diketahui bahwa jenis tanah di DAS Batu Merah terdiri dari jenis tanah Litosol, Rendzina dan Kambisol. Jenis tanah Kambisol memiliki luas 524.50 ha atau sebesar 80.07%, jenis tanah Rendzina memiliki luas 128.61 ha atau sebesar 19.63 % dan jenis tanah Litosol memiliki luas 1.91 ha atau sebesar 0.29 % dari total luasan wilayah penelitian. Menurut Zzaman et al., (2021), jenis tanah kambisol adalah jenis tanah yang sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan memiliki sifat heterogen. Menurut Samantaray et al., (2021), beberapa bagian tanah Kambisol mungkin memiliki infiltrasi air yang buruk, menyebabkan air hujan sulit meresap ke dalam tanah dan lebih cenderung mengalir di permukaan, hal ini tentu dapat menyebabkan peningkatan aliran permukaan dan meningkatkan risiko banjir, terutama selama periode curah hujan yang tinggi (Sugandhi et al., 2023). Menurut Andersen, (2018), jenis redzina adalah jenis tanah yang kaya akan bahan organik dan memiliki kemampuan drainase yang baik karena tingginya kandungan bahan organik. Tanah ini cenderung memiliki infiltrasi air yang lebih baik daripada Kambisol, sehingga mampu menahan air hujan dan memungkinkan air meresap ke dalam tanah dengan lebih efisien. Meskipun demikian, jika kondisi hujan sangat lebat dan tanah sudah jenuh dengan air, Redzina juga dapat berkontribusi pada banjir. Menurut

Zeleňáková et al., (2019), Jenis tanah litosol adalah jenis tanah yang terbentuk dari batuan dan material bebatuan yang terdegradasi. Tanah ini biasanya memiliki struktur mineral yang lemah dan kurang mengandung bahan organik. Litosol memiliki infiltrasi air yang rendah karena struktur tanah yang tidak rata. Akibatnya, air hujan cenderung bergerak cepat di permukaan tanah, meningkatkan aliran permukaan dan risiko banjir di daerah datar atau dengan kemiringan yang curam.

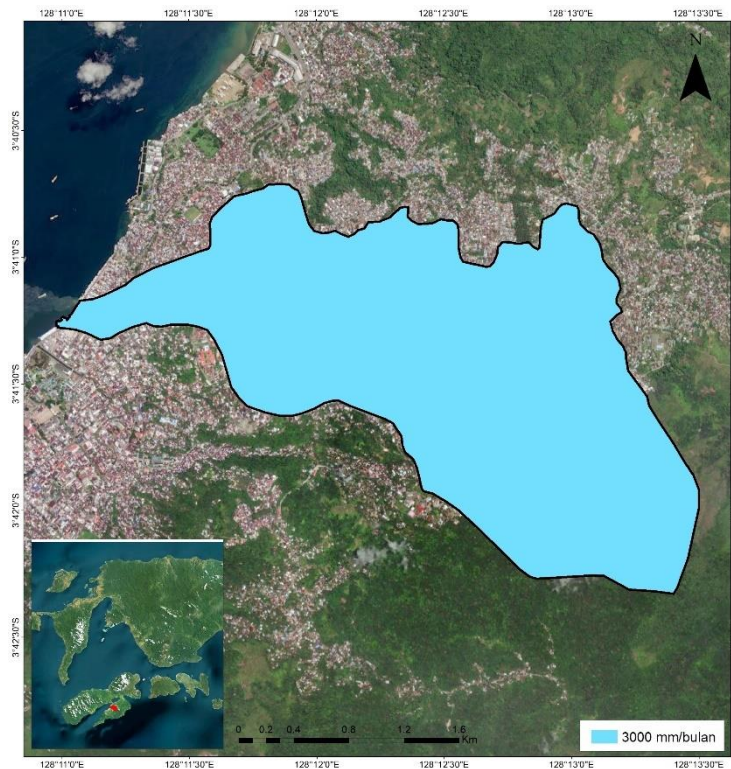


Gambar 4. Peta Jenis Tanah DAS Batu Merah



Gambar 5. Peta Penggunaan Lahan DAS Batu Merah

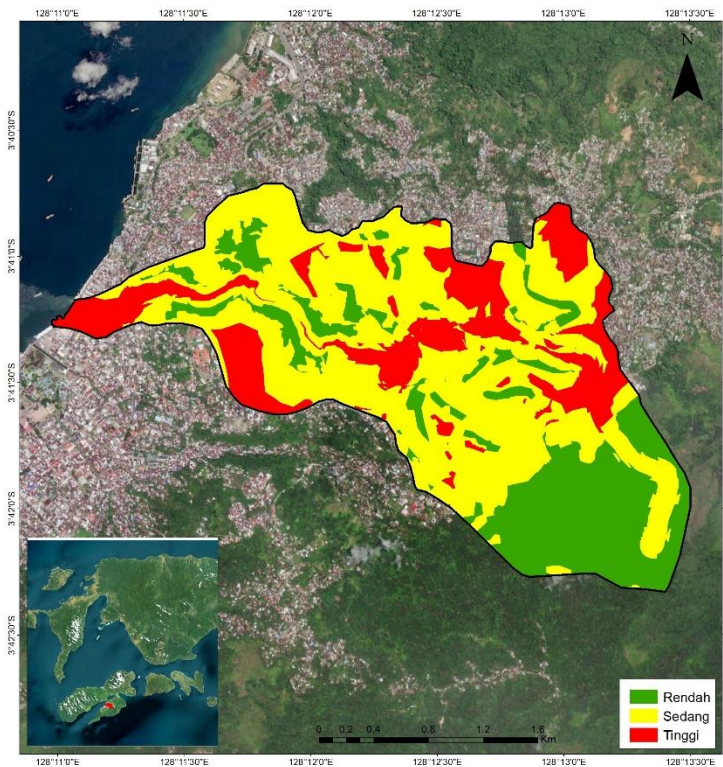
Berdasarkan gambar 5, diketahui bahwa penggunaan lahan di DAS Batu Merah diklasifikasi menjadi lima kelas yaitu badan air, lahan terbuka, permukiman, lahan pertanian, lahan pertanian dan hutan. Jenis penggunaan lahan permukiman memiliki luas 203.49 ha atau sebesar 31.07%, lahan pertanian memiliki luas 143.01 ha 21.83%, Lahan Terbuka memiliki luas 20.39 ha atau sebesar 3.11%, Hutan memiliki luas 4.69 ha atau sebesar 0.72 % dan badan air memiliki luas 283.46 ha atau sebesar 0.43%. Menurut Fadhil et al., (2020), variabel penggunaan lahan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kerawanan banjir di suatu wilayah. Pemanfaat lahan dapat mempengaruhi aliran air, infiltrasi tanah, dan kapasitas penampungan air di wilayah tersebut. Penggunaan lahan di daerah dataran banjir sungai juga dapat mempengaruhi kerawanan banjir. Jika lahan tersebut digunakan untuk permukiman atau usaha yang tidak sesuai, maka potensi kerusakan dan dampak banjir bisa menjadi lebih besar. Menurut Muin et al., (2023), Perubahan penggunaan lahan dari lahan terbuka (seperti hutan atau lahan pertanian) menjadi lahan terbangun (seperti pemukiman atau industri) dapat mengurangi kapasitas alami tanah untuk menyerap dan menahan air hujan. Hal ini dapat menyebabkan air mengalir dengan lebih cepat dan lebih kuat, meningkatkan risiko banjir.



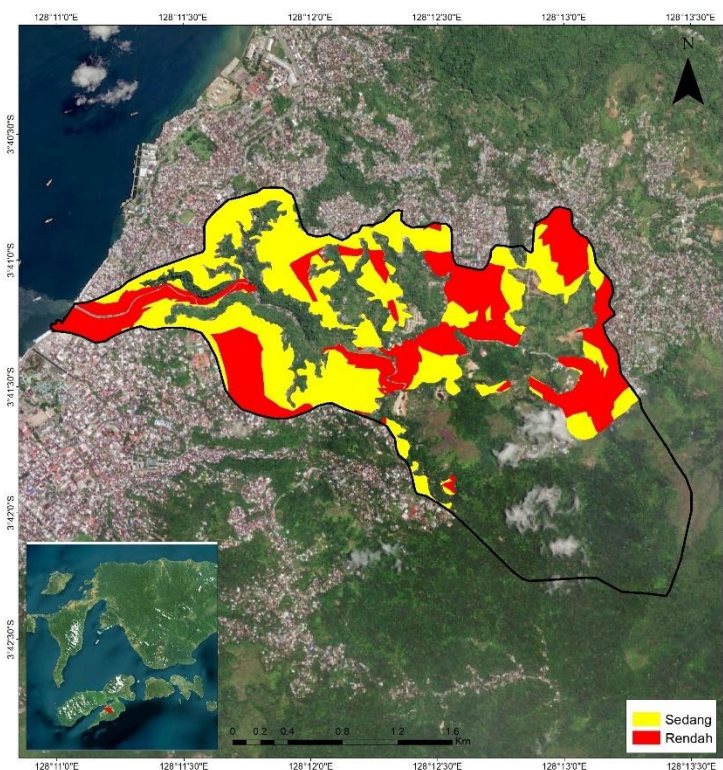
Gambar 6. Peta Curah Hujan DAS Batu Merah

Berdasarkan peta curah hujan DAS Batu Merah pada Gambar 6, total curah hujan rata-rata di Kota Ambon dari tahun 2023 adalah 3000 mm/bulan. Menurut Sugandhi et al., (2023), variabel curah hujan memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap kerawanan banjir di suatu wilayah. Curah hujan adalah jumlah hujan yang jatuh dalam periode waktu tertentu, dan tingkat intensitas dan durasi curah hujan dapat mempengaruhi potensi terjadinya banjir. Semakin tinggi curah hujan, semakin banyak air yang harus ditampung dan dialirkan melalui saluran drainase atau sungai. Jika curah hujan sangat tinggi, sistem drainase alami dan sungai mungkin tidak mampu menampung aliran air yang besar, sehingga meningkatkan risiko banjir permukaan (Muin & Rakuasa, 2023).

Kerawanan banjir adalah kemampuan atau tingkat rentan suatu wilayah atau populasi terhadap dampak banjir. Dalam konteks ini, kerawanan mengacu pada sejauh mana wilayah atau masyarakat tersebut dapat terkena dan terdampak oleh banjir. Kerawanan banjir mencerminkan seberapa rentan wilayah atau populasi terhadap berbagai dampak banjir, seperti kerusakan properti, kerugian ekonomi, kerugian kehidupan manusia, gangguan pada layanan umum, dan dampak lingkungan. Semakin tinggi kerawanan banjir suatu wilayah, semakin besar kemungkinan wilayah tersebut terdampak secara serius oleh banjir. Tingkat kerawanan banjir di DAS Batu Merah dibagi menjadi tiga yaitu kerawanan rendah, kerawanan sedang dan kerawanan tinggi. Berdasarkan gambar 7 kerawanan rendah memiliki luas 164.08 ha atau sebesar 25.05%, kerawanan sedang seluas 356.04 ha atau sebesar 54.36% dan kerawanan tinggi seluas 134.90 ha atau sebesar 20.60%.



Gambar 7. Peta Kerawanan Banjir di DAS Batu Merah



Gambar 8. Peta Lahan Permukiman yang Terdampak DAS Batu Merah

Daerah yang berada di kerawanan banjir rendah pada umumnya berada pada topografi berbukit, berjenis tanah litosol, berada pada kemiringan lerang $>25\%$, didominasi oleh tutupan lahan pertanian dan hutan serta memiliki curah intensitas curah hujan yang tinggi serta jarak yang jauh dari sungai membuat limpasan banjir sulit untuk menggenangi daerah ini. Daerah yang berada di kerawanan banjir sedang berada pada topografi berbukit, berjenis tanah litosol, berada pada kemiringan lerang $>25\%$, didominasi oleh tutupan lahan pertanian dan hutan serta memiliki curah intensitas curah hujan yang tinggi serta jarak yang jauh dari sungai membuat limpasan banjir sulit untuk menggenangi daerah ini. Daerah

yang berada pada kerawanan banjir sedang pada umumnya 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 dan bentuk lahan pada daerah ini yaitu datar dan landai. Daerah yang berada di kerawanan banjir tinggi sebagian besar wilayah ini berada di dataran rendah serta berada pada kemiringan <4 % serta sangat dekat dengan daerah aliran sungai (DAS). Jenis tutupan lahan pada daerah ini juga didominasi oleh lahan permukiman dan lahan terbuka, dan jenis tanah yang didominasi oleh jenis tanah kambisol. Berdasarkan Gambar 8 dilihat bahwa lahan permukiman yang terdampak banjir berada pada banjir pada tingkat kerawanan sedang dan tinggi. Daerah permukiman yang terdampak banjir sedang memiliki luas 159.05 ha atau sebesar 56.11%, dan daerah permukiman yang terdampak banjir tinggi memiliki luas 124.41 ha atau sebesar 43.89 %.

Pemodelan spasial daerah rawan banjir di DAS Batu Merah, Kota Ambon, memiliki sejumlah manfaat penting untuk mitigasi dan penanganan risiko banjir di wilayah tersebut. Berikut adalah beberapa manfaat utama dari pemodelan spasial daerah rawan banjir:

- 1) Identifikasi Daerah Rawan Banjir: Pemodelan spasial memungkinkan identifikasi dan pemetaan daerah-daerah yang berisiko tinggi terkena banjir di DAS Batu Merah. Dengan mengetahui wilayah yang rawan banjir, pemerintah dan masyarakat dapat lebih fokus dalam mengalokasikan sumber daya dan upaya mitigasi untuk daerah-daerah yang membutuhkan prioritas penanganan.
- 2) Analisis Penyebab Banjir: Pemodelan spasial dapat membantu menganalisis penyebab banjir di wilayah tersebut, seperti topografi wilayah, pola aliran sungai, kondisi drainase, dan penggunaan lahan. Dengan memahami penyebab banjir, dapat dirancang langkah-langkah mitigasi yang tepat dan berfokus pada faktor-faktor yang berkontribusi pada banjir.
- 3) Peringatan Dini dan Sistem Pengawasan: Pemodelan spasial dapat digunakan untuk mengembangkan sistem peringatan dini banjir. Dengan memantau kondisi hidrologi dan cuaca secara real-time, dapat diberikan peringatan dini kepada masyarakat ketika potensi banjir meningkat, sehingga mereka dapat mengambil tindakan yang tepat untuk menghindari bahaya.
- 4) Perencanaan Tata Ruang dan Pengelolaan Sumber Daya: Hasil pemodelan spasial dapat menjadi dasar bagi perencanaan tata ruang yang lebih bijaksana dan pengelolaan sumber daya di DAS Batu Merah. Pemetaan wilayah rawan banjir memungkinkan penggunaan lahan yang lebih tepat dan mengurangi risiko pembangunan di daerah yang berisiko tinggi terkena banjir.
- 5) Evaluasi Infrastruktur dan Tanggul: Pemodelan spasial dapat membantu dalam evaluasi dan perencanaan infrastruktur tanggul serta saluran drainase yang ada. Dengan memahami potensi risiko banjir, tanggul dan infrastruktur lainnya dapat diperkuat dan disesuaikan untuk meningkatkan ketahanan terhadap banjir.
- 6) Penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana: Pemodelan spasial berkontribusi pada penyusunan rencana penanggulangan bencana banjir yang komprehensif. Rencana ini dapat mencakup langkah-langkah mitigasi jangka pendek dan jangka panjang, serta strategi adaptasi terhadap perubahan iklim yang berpotensi mempengaruhi risiko banjir di masa mendatang.

Pemodelan spasial daerah rawan banjir di DAS Batu Merah dapat memberikan informasi yang penting bagi pemerintah dan masyarakat dalam mengurangi kerentanan terhadap banjir, melindungi aset, dan meningkatkan kesiapsiagaan menghadapi bencana banjir.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian daerah rawan banjir di DAS Batu Merah 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 landai, ketinggian lahan < 8 mdpl, jarak yang dekat dengan sungai, didominasi oleh jenis tanah kambisol, serta intensitas curah hujan yang tinggi. Daerah dengan tingkat kerawanan yang tinggi serta permukiman penduduk yang diprediksikan terdampak banjir adalah permukiman yang berada dekat dengan sungai

Hasil penelitian diharapkan dapat membantu Kota Ambon dan instansi terkait terkhususnya pemerintah Kecamatan Sirimau dalam upaya mitigasi bencana banjir ke depannya dan dalam upaya penataan ruang berbasis mitigasi bencana. Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan menjadi referensi bagi peneliti-peneliti yang melakukan penelitian

serupa ke depannya serta diharapkan menambahkan parameter lainya guna menganalisis wilayah rawan banjir yang lebih akurat ke depannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrian. (2021). Kajian Mitigasi Terhadap Penyebab Bencana Banjir di Desa Sidodadi Kota Langsa. *Georafflesia: Artikel Ilmiah Pendidikan Geografi*, 5(2), 165–169.
- Andersen, D. C. (2018). Flood effects on soil thermal regimes in contrasting cold-desert river floodplains (Yampa and Green rivers, Colorado). *Ecohydrology*, 11(4). <https://doi.org/10.1002/eco.1939>
- Bakka, H., Rue, H., Fuglstad, G., Riebler, A., Bolin, D., Illian, J., Krainski, E., Simpson, D., & Lindgren, F. (2018). Spatial modeling with R-INLA: A review. *WIREs Computational Statistics*, 10(6). <https://doi.org/10.1002/wics.1443>
- Bates, P. D. (2022). Flood Inundation Prediction. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 54(1), 287–315. <https://doi.org/10.1146/annurev-fluid-030121-113138>
- BNPB. (2018). *Resiko Bencana Indonesia* (Raditya Jati (ed.)). BNPB. <https://bnpb.go.id/kajian-bencana/risiko-bencana-indonesia>
- BPS. (2021). *Kota Ambon Dalam Angka 2021* (BPS Kota Ambon (ed.)). BPS Kota Ambon. <https://ambonkota.bps.go.id/publication/2020/04/27/0072157fa7d7bf288ceb130a/kota-ambon-dalam-angka-2020.html#:~:text=Kota Ambon Dalam Angka 2020 merupakan seri publikasi tahunan BPS,demografi dan perekonomian di Indonesia.>
- Chan, S. W., Abid, S. K., Sulaiman, N., Nazir, U., & Azam, K. (2022). A systematic review of the flood vulnerability using geographic information system. *Heliyon*, 8(3), e09075. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09075>
- Fadhil, M., Ristya, Y., Oktaviani, N., & Kusratmoko, E. (2020). Flood vulnerability mapping using the spatial multi-criteria evaluation (SMCE) method in the Minraleng Watershed, Maros Regency, South Sulawesi. *E3S Web of Conferences*, 153, 01004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015301004>
- Faiza Amira, R., Surjandari, I., & Laoh, E. (2020). Jakarta Flood Risk Mapping Using Index-based Approach and Spatial Analysis. *2020 International Conference on ICT for Smart Society (ICISS)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICISS50791.2020.9307583>
- 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, Glendy Somae, P. C. L. (2023). Pemetaan Daerah Rawan Banjir di Desa Batumerah Kecamatan Sirimau Kota Ambon Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *ULIL ALBAB: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(4), 1642–1653. <https://doi.org/https://doi.org/10.56799/jim.v2i4.1475>
- Latue, P. C., & Rakuasa, H. (2023). Identification of Flood-Prone Areas Using the Topographic Wetness Index Method in Fena Leisela District, Buru Regency. *Journal Basic Science and Technology*, 12(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.35335/jbst.v12i1.3673>
- Latue, P. C., Imanuel Septory, J. S., Somae, G., & Rakuasa, H. (2023). Pemodelan Daerah Rawan Banjir di Kecamatan Sirimau Menggunakan Metode Multi-Criteria Analysis (MCA). *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 18(1), 10–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.29313/jpwk.v18i1.1964>
- Latue, P. C., Septory, J. S. I., & Rakuasa, H. (2023). Perubahan Tutupan Lahan Kota Ambon Tahun 2015, 2019 dan 2023. *JPG (Jurnal Pendidikan Geografi)*, 10(1), 177–186. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20527/jpg.v10i1.15472>
- Latue, Philia, C., Manakane, S. E., & Rakuasa, H. (2023). Analisis Perkembangan Kepadatan Permukiman di Kota Ambon Tahun 2013 dan 2023 Menggunakan Metode Kernel Density. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 2(1), 26–34. <https://doi.org/10.56211/blendsains.v2i1.272>
- Mardiatno, D., & Marfai, M. A. (2021). *Analisis Bencana Untuk Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS): Studi Kasus Kawasan Hulu DAS Comal*. UGM PRESS.
- Maryono, A. (2020). *Menangani banjir, kekeringan dan lingkungan*. UGM PRESS.
- Mudashiru, R. B., Sabtu, N., Abustan, I., & Balogun, W. (2021). Flood hazard mapping methods: A review. *Journal of Hydrology*, 603, 126846. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126846>
- Muin, A., & Rakuasa, H. (2023a). Evaluasi Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Ambon Berdasarkan Aspek Kerawanan Banjir. *ULIL ALBAB: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(5), 1727–1738. <https://doi.org/https://doi.org/10.56799/jim.v2i5.1485>
- Muin, A., & Rakuasa, H. (2023b). Evaluasi Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Ambon Berdasarkan Aspek Kerawanan Banjir. *ULIL ALBAB: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(5), 1727–1738. <https://doi.org/https://doi.org/10.56799/jim.v2i5.1485>
- Muin, A., Somae, G., & Rakuasa, H. (2023). Analisis Potensi Genangan Banjir di Kecamatan Siwalalat, Kabupaten Seram Bagian Timur berdasarkan Topographic Wetness Index. *ULIL ALBAB: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(5), 1800–1806. <https://doi.org/DOI: https://doi.org/10.56799/jim.v2i5.1502>
- Osei, B. K., Ahenkorah, I., Ewusi, A., & 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. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100028>
- Peraturan Pemerintah nomor 37 tahun 2012 tentan. (2012). *Peraturan Pemerintah nomor 37 tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*.
- Pertuack, S., Latue, P. C., & Rakuasa, H. (2023). Analisis Spasial Daya Dukung Lahan Permukiman Kota Ternate. *ULIL ALBAB : Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(6), 2084–2090. <https://doi.org/https://doi.org/10.56799/jim.v2i6.1574>
- Philia Christi Latue, & Heinrich Rakuasa. (2023). Spatial Dynamics of Land Cover Change in Wae Batu Gantung Watershed, Ambon City, Indonesia. *International Journal of Scientific Multidisciplinary Research*, 1(3), 117–130. <https://doi.org/10.55927/ijsmr.v1i3.3623>
- 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., Salakory, M., & Mehdil, M. C. (2022). Prediksi perubahan tutupan lahan di DAS Wae Batu Merah, Kota Ambon menggunakan Cellular Automata Markov Chain. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 6(2), 59–75. <https://doi.org/https://doi.org/10.36813/jplb.6.2.59-75>
- Rakuasa, H., Somae, G., & Latue, P. C. (2023). Pemetaan Daerah Rawan Banjir di Desa Batumerah Kecamatan Sirimau Kota Ambon Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *ULIL ALBAB: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(4), 1642–1653. <https://doi.org/https://doi.org/10.56799/jim.v2i4.1475>
- 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>
- Rakuasa, H., Sihasale, D. A., & Latue, P. C. (2022). Model Tutupan Lahan di Daerah Aliran Sungai Kota Ambon Tahun 2031: Studi Kasus DAS Wai Batu Gantung, Wai Batu Gajah, Wai Tomu, Wai Batu Merah Dan Wai Ruhu. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 473–486. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.2.29>
- Rehman, S., Sahana, M., Hong, H., Sajjad, H., & Ahmed, B. Bin. (2019). A systematic review on approaches and methods used for flood vulnerability assessment: framework for future research. *Natural Hazards*, 96(2), 975–998. <https://doi.org/10.1007/s11069-018-03567-z>
- Rocha, J. , & Tenedório, J. A. (2018). *Spatial Analysis, Modelling and Planning* (J. Rocha & J. António Tenedório (eds.)). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.74452>
- S.K., A., N., S., N.P.N., M., U., N., & N.A., A. (2020). A review on the application of remote sensing and geographic information system in flood crisis management. *Journal of Critical Reviews*, 7(16), 491 – 496. <https://doi.org/10.31838/jcr.07.16.58>
- Samantaray, S., Das, S. S., Sahoo, A., & Satapathy, D. P. (2021). Evaluating the application of metaheuristic approaches for flood simulation using GIS: A case study of Baitarani river Basin, India. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.561>
- Sugandhi, N., Rakuasa, H., Zainudin, Z., Abdul Wahab, W., Kamiludin, K., Jaelani, A., Ramdhani, R., & Rinaldi, M. (2023a). Pemodelan Spasial Limpasan Genangan Banjir dari DAS Ciliwung di Kel. Kebon Baru dan Kel. Bidara Cina DKI Jakarta. *ULIL ALBAB : Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(5), 1685–1692. <https://doi.org/https://doi.org/10.56799/jim.v2i5.1477>
- Sugandhi, N., Rakuasa, H., Zainudin, Z., Abdul Wahab, W., Kamiludin, K., Jaelani, A., Ramdhani, R., & Rinaldi, M. (2023b). Pemodelan Spasial Limpasan Genangan Banjir dari DAS Ciliwung di Kel. Kebon Baru dan Kel. Bidara Cina DKI Jakarta. *ULIL ALBAB : Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(5), 1685–1692. <https://doi.org/https://doi.org/10.56799/jim.v2i5.1477>
- Tamaulina Br. Sembiring. (2022). *PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI: Studi di Kawasan DAS Kabupaten Langkat*. Penerbit Adab.
- Tambunan, M. P. (2017). The pattern of spatial flood disaster region in {DKI} Jakarta. *{IOP} Conference Series: Earth and Environmental Science*, 56(1), 12014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/56/1/012014>
- Tan, S., Liu, Q., & Han, S. (2022). Spatial-temporal evolution of coupling relationship between land development intensity and resources environment carrying capacity in China. *Journal of Environmental Management*, 301, 113778. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113778>
- Ullah, S., Farooq, M., Sarwar, T., Tareen, M. J., & Wahid, M. A. (2016). Flood modeling and simulations using hydrodynamic model and ASTER DEM—A case study of Kalpani River. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(6), 439. <https://doi.org/10.1007/s12517-016-2457-z>
- USAID. (2017). *Laporan Kajian Kerentanan dan Resiko Iklim Pulau Ambon dan Pulau Leasa*.
- Wada, C. A., Pongkijvorasin, S., & Burnett, K. M. (2020). Mountain-to-sea ecological-resource management: Forested watersheds, coastal aquifers, and groundwater dependent ecosystems. *Resource and Energy Economics*, 59, 101146. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2019.101146>
- Xu, D., Lyon, S. W., Mao, J., Dai, H., & Jarsjö, J. (2020). Impacts of multi-purpose reservoir construction, land-use change and climate change on runoff characteristics in the Poyang Lake basin, China. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 29, 100694. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100694>
- Zelenáková, M., Fijko, R., Labant, S., Weiss, E., Markovič, G., & Weiss, R. (2019). Flood risk modelling of the Slatvinec stream in Kružlov village, Slovakia. *Journal of Cleaner Production*, 212, 109–118. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.008>
- Zzaman, R. U., Nowreen, S., Billah, M., & Islam, A. S. (2021). Flood hazard mapping of Sangu River basin in

Bangladesh using <scp>multi-criteria</scp> analysis of <scp>hydro-geomorphological</scp> factors. *Journal of Flood Risk Management*, 14(3). <https://doi.org/10.1111/jfr3.12715>