

Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir Bandang dengan Sistem Informasi Geografis di Sub-DAS Kaliputih Kabupaten Jember

Flash Flood Susceptibility Level Zoning with Geographic Information System in Kaliputih Sub-Watershed, Jember Regency

Entin Hidayah^{1*}, Wiwik Yunarni Widiarti¹, Adam Rifqi Ammarulsyah¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jember 68121, Indonesia

Article info: Research Article / review

DOI:

10.21776/ub.pengairan.2022.013.02.12

Kata kunci:

Banjir bandang, Sistem Informasi Geografis, kerawanan

Keywords:

Flash flood; Geographic Information System; Susceptibility

Article history:

Received: 31-07-2022

Accepted: 21-11-2022

*Koresponden email:
entin.teknik@unej.ac.id

© 2022 Entin Hidayah, Wiwik Yuniarti Widiarti, Adam Rifqi Ammarulsyah



Creative Commons License

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Abstrak

Banjir bandang di Kabupaten Jember pada pergantian tahun 2006 merupakan salah satu bencana nasional yang membawa banyak korban. Kejadian banjir bandang di Kaliputih terus berulang, untuk itu keberadaan peta zonasi banjir sangat diperlukan untukantisipasi sebelum kejadian. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan zonasi tingkat kerawanan banjir bandang di sub-DAS Kaliputih dengan bantuan Sistem Informasi Geografis. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Weights of Evidence*. Lima faktor diantaranya kemiringan lereng, tata guna lahan, kerapatan jaringan sungai, jenis tanah dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) digunakan untuk membuat peta zonasi. Dari yang terkuat, parameter pengkondisi kerawanan banjir adalah jenis tanah latosol coklat dan regosol abu-abu, penggunaan lahan sawah, kemiringan lereng, penggunaan lahan rumah, NDVI pada nilai rendah, dan kerapatan jaringan sungai pada nilai rendah. Hasil yang didapatkan dari analisis menunjukkan sebesar 12,25% dari total wilayah di sub-DAS Kaliputih memiliki tingkat kerawanan banjir bandang yang sangat tinggi, 14,58% tinggi, 12,81% sedang sampai tinggi, 14,89% sedang, 16,98% rendah, dan 28,49% sangat rendah dengan nilai *Area Under Curve* (AUC) sebesar 80,0%.

Abstract

The flash flood in Jember Regency at the turn of 2006 was one of the national disasters that brought many victims. The occurrence of flash floods in Kaliputih continues to repeat itself, for that the existence of a flood zoning map is needed to anticipate before the incident. The purpose of this research is to zoning the level of banjir bandang vulnerability in the Kaliputih sub-watershed with the help of the Geographic Information System. The method used in this study is the *Weights of Evidence* method. Five parameters, including slope, land use, river network density, soil type and *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) are used to create a zoning map. From the strongest, the conditioning parameter flood susceptibilities are brown latosol and gray regosol soil types, paddy field use, slope, house land use, NDVI at low values, and river network density at low values, respectively. The results obtained from the analysis show that 12.25% of the total area in the Kaliputih sub-watershed has a very high level of flash flood susceptibility, 14,58% high, 12,81% moderate to high, 14,89% moderate, 16,98% low and 28,49% very low with an *Area Under Curve* (AUC) value of 80,0%.

Kutipan: Hidayah, E., Widiarti, W. Y., Ammarulsyah, A. R. (2022). Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir Bandang dengan Sistem Informasi Geografis di Sub-DAS Kaliputih Kabupaten Jember. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 13(2), 273-282. <https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2022.013.02.12>

1. Pendahuluan

Banjir menjadi bencana yang sering terjadi di Indonesia dalam satu abad terakhir. Bencana banjir umumnya disebabkan oleh faktor alam seperti tingginya intensitas hujan dalam waktu yang cukup lama atau faktor lain seperti penggunaan lahan yang tidak tepat (Hamdani, Permana, and Susetyaningsih 2016). Bencana banjir tentu tidak hanya merugikan masyarakat dalam segi material saja, tetapi manusia juga bisa menjadi korbannya. Kerugian yang mungkin dapat ditimbulkan dari bencana banjir ini adalah melumpuhnya aktivitas masyarakat sehingga masyarakat tidak bisa melakukan aktivitas seperti biasanya.

Salah satu daerah yang setiap tahunnya terjadi banjir yaitu Kabupaten Jember. Kejadian banjir di Kabupaten Jember salah satunya disebabkan oleh intensitas hujan yang tinggi dalam waktu yang lama hingga terkadang menyebabkan banjir bandang. Pada awal tahun 2006, sungai Kaliputih di Kabupaten Jember meluap akibat hujan deras yang mengguyur Kabupaten Jember secara terus menerus. Aliran Sungai Kaliputih juga membawa material berupa lumpur dan batu-batuan sehingga terjadi kerusakan yang sangat besar. Hal tersebut menjadikan bencana banjir bandang di Sungai Kaliputih menjadi bencana banjir terbesar dalam beberapa tahun terakhir hingga ditetapkan menjadi bencana nasional (Ismiyah et al. 2013). Untuk itu, mengantisipasi kejadian banjir bandang sebagai upaya mitigasi penting untuk dipersiapkan.

Pemetaan daerah rawan banjir bandang termasuk salah satu sistem peringatan dini (*early warning system*) dari bahaya dan resiko terjadinya bencana banjir (Sulaeman and Suhartanto 2017), serta dapat digunakan oleh pemerintah untuk mengambil kebijakan yang tepat dalam menanggulangi bencana tersebut (Kusumo dan Evi 2016). Berbagai metode statistik bivariat telah diuji cobakan dalam pembuatan peta zonasi banjir, antara lain *weights of evidence*, rasio frekuensi dan AHP, telah menunjukkan akurasi yang memadai dan cukup sederhana untuk diterapkan (Khosravi, Pourghasemi, et al. 2016; Popa et al. 2019; Tehrany et al. 2017). Peta kerawanan banjir bandang dibuat dengan menggunakan metode *Weights of Evidence* dalam pembobotannya yang diintegrasikan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) (Tehrany, Kumar, dan Shabani 2019). Metode *Weights of Evidence* sudah sering digunakan dalam pemetaan kerawanan banjir yang diintegrasikan dengan SIG dan mampu memberikan nilai akurasi sebesar 88,07% yang berarti metode tersebut tepat untuk pemetaan daerah rawan banjir (Khosravi, Nohani, et al. 2016; S. Tehrany et al. 2017). Namun metode tersebut masih belum pernah diterapkan di Indonesia.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan zonasi tingkat kerawanan banjir bandang di sub-DAS Kaliputih menggunakan metode *Weights of Evidence* dengan bantuan Sistem Informasi Geografis. Sehingga diharapkan dapat digunakan sebagai sumber informasi bagi instansi terkait dalam upaya penanggulangan bencana banjir bandang.

2. Bahan dan Metode

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di sub-DAS Kaliputih, Kabupaten Jember, Jawa Timur. Luas dari sub-DAS Kaliputih ini sekitar 11977,11 ha.

2.2. Kebutuhan Data

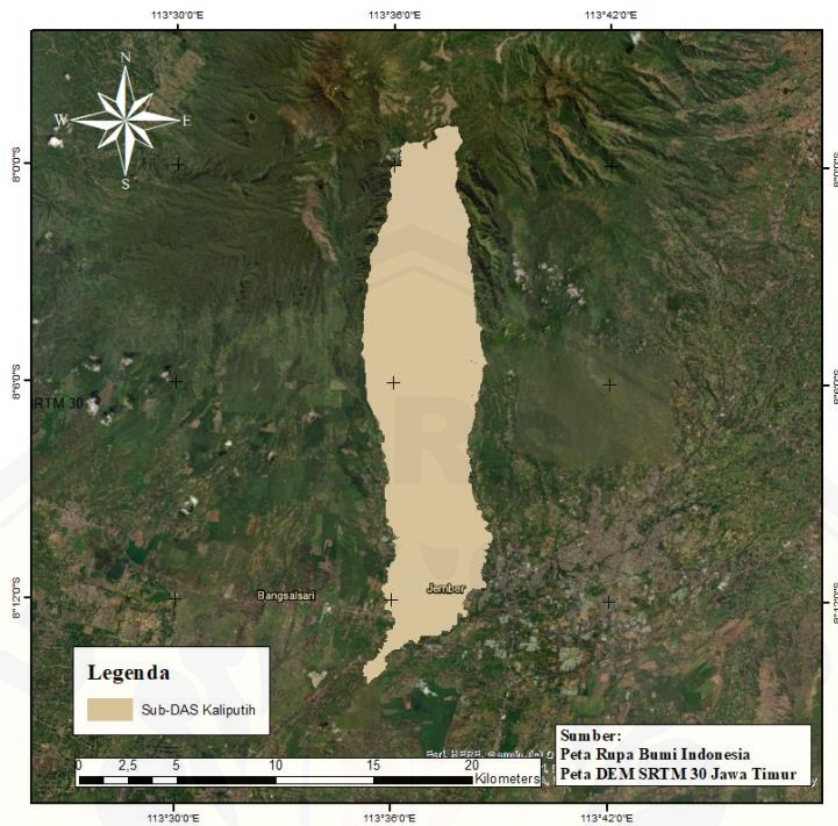
Pembuatan peta kerawanan banjir bandang di sub-DAS Kaliputih menggunakan peta DEM SRTM resolusi 30 x 30 m, peta Rupa Bumi Indonesia, dan citra Landsat 8 (OLI). Turunan dari DEM menghasilkan peta kemiringan lereng, turunan dari peta Rupa Bumi Indonesia menghasilkan peta kerapatan sungai, dan turunan dari citra Landsat 8 (OLI) menghasilkan peta penggunaan lahan, peta jenis tanah dan peta NDVI. Sumber data dapat dilihat pada Tabel 1.

2.3. Metodologi

Penelitian ini menggunakan metode *Weights of Evidence* yang diintegrasikan dengan Sistem Informasi Geografis dalam pembuatan peta kerawanan banjir bandang. Tahapan dari penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data inventarisasi banjir, data inventarisasi banjir tersebut dibagi 70% untuk *training* dan 30% untuk validasi (Ullah and Zhang 2020). Setelah itu dilakukan training

Entin, Wiwik, Adam: Kerawanan Banjir Bandang di Sub-DAS Kaliputih

terhadap parameter yang digunakan, melakukan reklasifikasi pada setiap parameter, dan menghitung nilai bobot pada setiap parameternya.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Tabel 1. Sumber data

No	Jenis Data	Sumber
1.	Inventarisasi banjir	UPT PSDA Lumajang
2.	Kemiringan lereng	DEM SRTM 30 m
3.	Penggunaan lahan	USGS EarthExplorer
4.	Kerapatan sungai	Peta Rupa Bumi Indonesia
5.	Jenis tanah	USGS EarthExplorer
6.	NDVI	USGS EarthExplorer

Metode *Weights of Evidence* merupakan metode yang menggambarkan hubungan antara kejadian banjir dengan parameter yang digunakan sehingga nantinya akan didapatkan probabilitas banjir disetiap kelas parameternya (Khosravi, Nohani, et al. 2016) (Gambar 2). Perhitungan metode ini menggunakan bobot positif (W^+) dan bobot negatif (W^-) sebagai parameternya. Nilai bobot dihitung menggunakan persamaan (1) dan (2) berikut ini (Khosravi, Nohani, et al. 2016):

$$W^+ = \ln \frac{P\{B|A\}}{P\{B|\bar{A}\}} \quad (1)$$

$$W^- = \ln \frac{P\{\bar{B}|A\}}{P\{\bar{B}|\bar{A}\}} \quad (2)$$

dimana:

B : kehadiran

\bar{B} : tidak adanya parameter yang berdampak pada banjir

A : adanya banjir

\bar{A} : tidak adanya banjir

Entin, Wiwik, Adam: Kerawanan Banjir Bandang di Sub-DAS Kaliputih

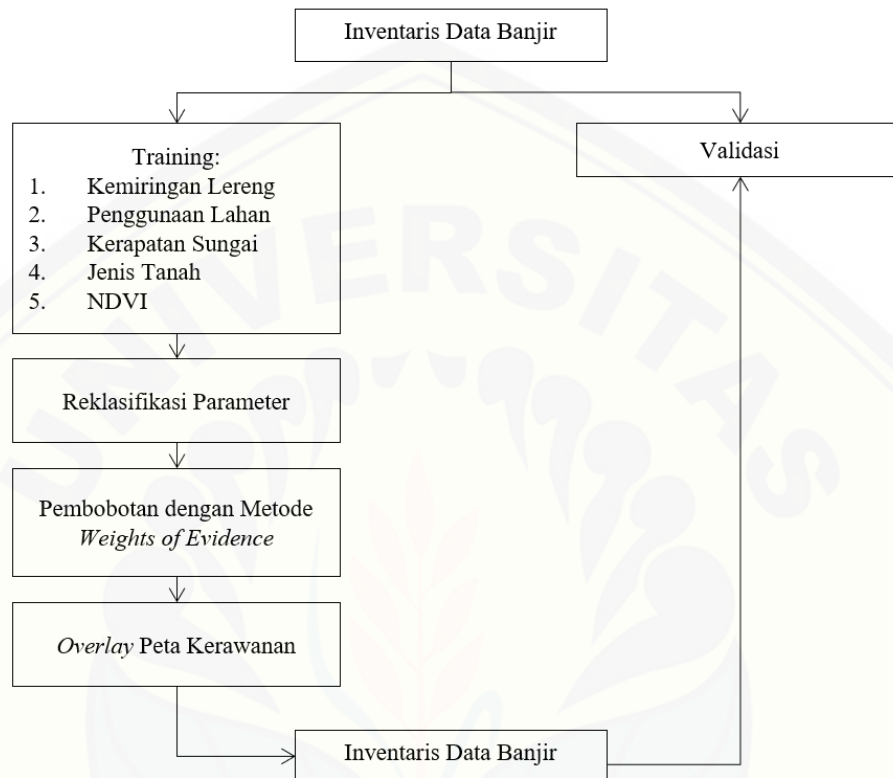
Bobot final (W_{final}) merupakan rasio kontras (C) yang dibagi dengan standar deviasinya, dihitung menggunakan persamaan (3) berikut ini (Khosravi, Nohani, et al. 2016):

$$W_{\text{final}} = (C/S(C)) \quad (3)$$

Peta kerawanan banjir dihasilkan dengan menghitung indeks kerawanan banjir bandang dengan menjumlahkan bobot pada setiap parameternya seperti pada persamaan (4) berikut ini.

$$\text{Kerawanan Banjir} = \sum W_{\text{final}} \quad (4)$$

Jika nilai W_{final} menunjukkan nilai positif berarti pada parameter tersebut merupakan pengkondisi banjir (Tehrany et al. 2017).



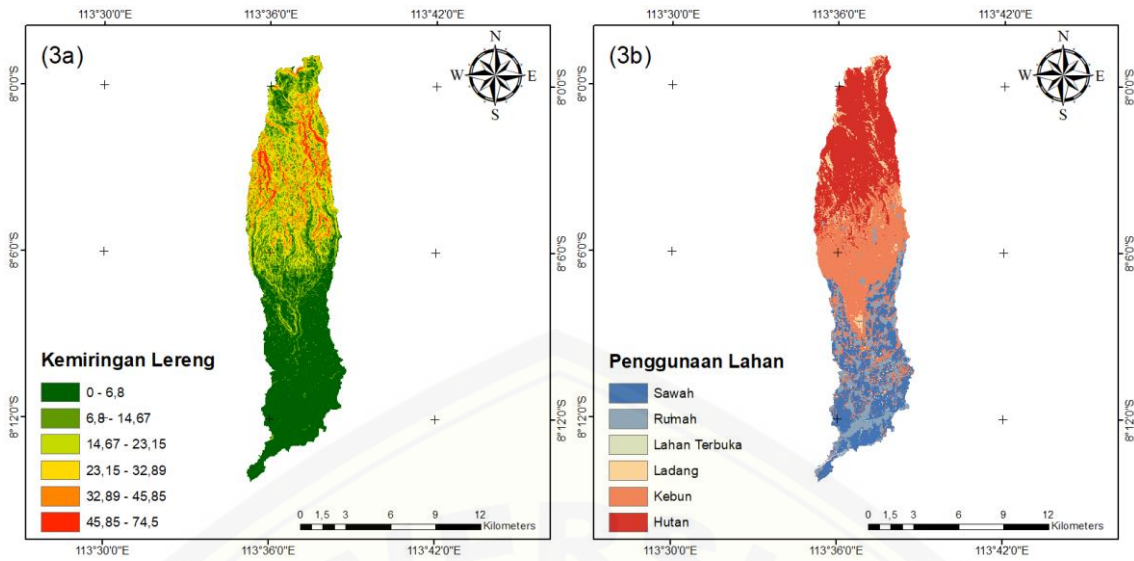
Gambar 2. Diagram alir penelitian

Peta kerawanan banjir yang sudah terbentuk selanjutnya divalidasi menggunakan validasi *Area Under Curve* (AUC). Validasi ini menghitung area kumulatif di bawah kerawanan banjir yang berbeda di satu sisi dan jumlah kumulatif kejadian banjir di area rawan berada di sisi lain. Hasil AUC diplot dalam grafik. Grafik dengan nilai AUC mendekati 1 (100%) menandakan bahwa model yang digunakan memiliki akurasi yang tinggi, sedangkan grafik dengan nilai AUC sama dengan atau kurang dari 0,5 (50%) menandakan bahwa model yang digunakan tidak layak untuk di analisis (Gudiyangada Nachappa et al. 2020). Peta kerawanan banjir bandang perlu dilakukan validasi terhadap metode yang dipilih untuk melihat seberapa besar tingkat akurasinya. Metode validasi yang digunakan dalam penilaian kerawanan banjir bandang pada penelitian ini adalah metode receiver operating characteristic (ROC). Validasi dilakukan dengan membandingkan peta kerawanan banjir yang sudah dibuat dengan data historis banjir yang terjadi, lalu dihitung menggunakan dataset validasi yang tidak digunakan dalam proses training. Tingkat akurasi metode yang dipilih disajikan dalam kurva ROC.

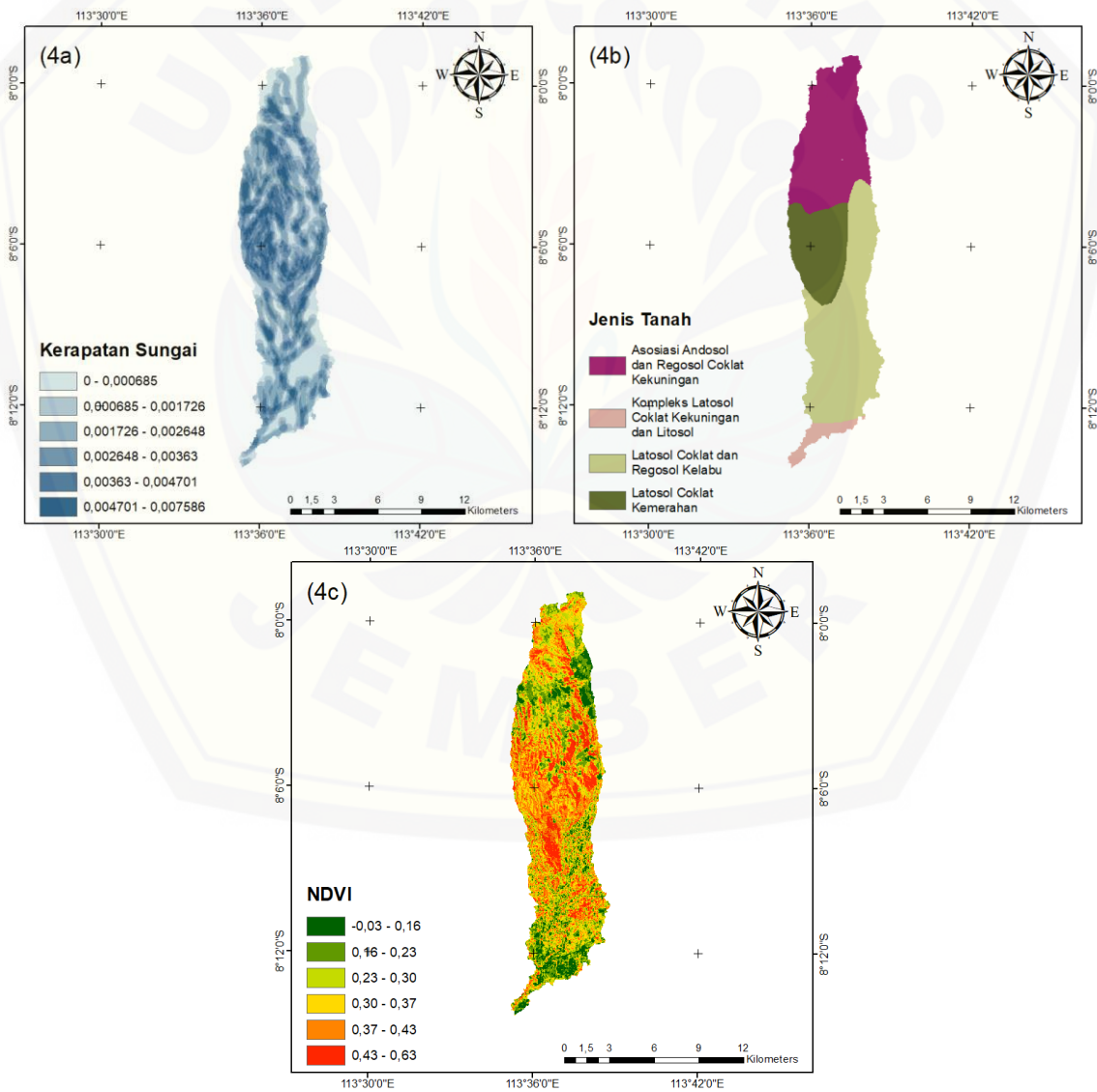
2.4. Parameter yang Digunakan dalam Membuat Zonasi Banjir

Parameter pengkondisi banjir bandang dibagi menjadi enam kelas dengan menggunakan metode *natural breaks*, kecuali parameter penggunaan lahan dan jenis tanah yang dibagi berdasarkan penggunaan lahan dan jenis tanah di daerah tersebut. Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan peta dari setiap parameter yang telah dilakukan reklasifikasi.

Entin, Wiwik, Adam: Kerawanan Banjir Bandang di Sub-DAS Kaliputih



Gambar 3. Parameter banjir: (a) Kemiringan lereng, (b) Penggunaan lahan



Gambar 4. Parameter banjir bandang: (a) Kerapatan sungai, (b) Jenis tanah, (c) NDVI

Parameter kemiringan lereng merupakan perbandingan antara tinggi lahan dengan panjang datar lahan atau dengan kata lain adalah rasio antara jarak vertikal dengan jarak horizontal lahan. Tingkat kerawanan banjir akan semakin tinggi apabila lereng berada pada kemiringan yang datar dan akan semakin rendah apabila lereng berada pada kemiringan yang curam (Kusumo dan Nursari 2016).

Parameter penggunaan lahan berpengaruh terhadap besar kecilnya air limpasan permukaan dari hujan yang sudah melebihi laju infiltrasi (Harisuseno dan Bisri 2017). Tingkat kerawanan banjir akan semakin rendah apabila lahan tersebut bervegetasi, hal ini dikarenakan lahan bervegetasi akan lebih banyak menyerap air sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk limpasan sampai ke sungai (Kusumo dan Nursari 2016). Persentase penggunaan lahan untuk sawah adalah sebesar 20,94%, hutan sebesar 31,94%, kebun sebesar 32,07%, ladang sebesar 4,97%, lahan terbuka sebesar 0,13% dan rumah sebesar 9,95%.

Kerapatan sungai didefinisikan sebagai panjang aliran sungai per kilometer persegi luas DAS (Darmawan, Hani'ah, dan Suprayogi 2017). Nilai kerapatan sungai yang lebih kecil akan menyebabkan DAS mengalami penggenangan, sedangkan nilai kerapatan sungai yang lebih besar akan menyebabkan DAS mengalami kekeringan (Darmawan, Hani'ah, dan Suprayogi 2017).

Faktor-faktor yang mempengaruhi infiltrasi secara fisik antara lain jenis tanah, kepadatan tanah, kelembaban tanah dan tanaman di atasnya (Harisuseno dan Cahya 2020). Hal ini menyatakan bahwa jenis tanah berkaitan terhadap terjadinya infiltrasi. Tanah yang bertekstur halus akan meningkatkan aliran permukaan sehingga tingkat infiltrasi menjadi rendah dan meningkatkan kerawanan banjir bandang (Kusumo dan Nursari 2016).

NDVI memiliki rentang nilai dari -1 hingga 1, apabila nilainya semakin mendekati 1 maka menggambarkan kawasan tersebut ditutupi oleh vegetasi yang rimbun. Nilai NDVI yang mendekati -1 menandakan bahwa wilayah tersebut tidak terdapat vegetasi, namun bisa berupa wilayah perairan atau tanah bebatuan (Lestari et al. 2018). Vegetasi pada permukaan menggambarkan besarnya penutupan lahan oleh tanaman. Semakin banyak lahan yang terbuka, maka akan meningkatkan kerawanan banjir (Kusumo dan Nursari 2016).

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini, tingkat kerawanan banjir dinilai dengan metode *Weights of Evidence* yang diintegrasikan dengan SIG. Metode *Weights of Evidence* digunakan untuk menghitung korelasi antara kejadian banjir dan faktor pemicu banjir. Tabel 2 menunjukkan hubungan antara faktor penyebab banjir, sub-kelas, dan kejadian banjir di sub-DAS Kaliputih. Lima parameter yang digunakan yaitu kemiringan lereng, penggunaan lahan, kerapatan sungai, jenis tanah dan NDVI. Parameter yang mempunyai nilai positif tinggi secara berurutan adalah jenis tanah latosol coklat dan regosol kelabu (117), penggunaan lahan sawah (86), kemiringan lereng 0 - 6,8 (84), penggunaan lahan rumah (67), 3 NDVI pada nilai rendah (63, 23, dan 1), dan 3 kelas kerapatan jaringan sungai pada nilai rendah (20, 16, dan 3). Semakin besar nilai W_{final} menunjukkan semakin besar pengaruh parameter terhadap kejadian banjir.

Tabel 2. Pembobotan parameter kerawanan banjir

Faktor	No Kelas	Kelas	W^+	W^-	C	W_{final}
Kemiringan Lereng	1	0 - 6,8	0,800	-2,862	3,662	84
	2	6,8 - 14,67	-1,811	0,172	-1,983	-35
	3	14,67 - 23,15	-4,239	0,176	-4,415	-35
	4	23,15 - 32,89	0	0,128	-0,128	-15
	5	32,89 - 45,85	0	0,074	-0,074	-9
	6	45,85 - 74,5	0	0,027	-0,027	-3
Penggunaan Lahan	1	Sawah	1,124	-0,799	1,924	86
	2	Hutan	0	0,385	-0,385	-44
	3	Kebun	-1,262	0,292	-1,553	-42
	4	Ladang	-1,575	0,041	-1,616	-13
	5	Lahan Terbuka	0	0,001	-0,001	0

Entin, Wiwik, Adam: Kerawanan Banjir Bandang di Sub-DAS Kaliputih

Faktor	No Kelas	Kelas	W ⁺	W ⁻	C	W _{final}
Kerapatan Sungai	6	Rumah	0,939	-0,189	1,127	67
	1	0 - 0,000685	0,213	-0,049	0,262	20
	2	0,000684 - 0,001726	0,323	-0,059	0,382	16
	3	0,001726 - 0,002648	0,016	-0,006	0,022	3
	4	0,002648 - 0,00363	-0,038	0,009	-0,047	-6
	5	0,00363 - 0,004701	-0,221	0,040	-0,261	-16
	6	0,004701 - 0,007586	-1,563	0,056	-1,619	-21
Jenis Tanah	1	Asosiasi Andosol dan Regosol Coklat Kekuningan	0	0,417	-0,417	-48
	2	Kompleks Latosol Coklat Kekuningan dan Litosol	0,139	-0,123	0,262	-21
	3	Latosol Coklat dan Regosol Kelabu	0,994	-0,484	1,478	117
	4	Latosol Coklat Kemerahan	0	0,038	-0,038	-4
NDVI	1	-0,03 - 0,16	1,143	-0,209	1,352	63
	2	0,16 - 0,23	0,475	-0,116	0,591	23
	3	0,23 - 0,30	0,041	-0,009	0,050	1
	4	0,30 - 0,37	-0,338	0,077	-0,415	-19
	5	0,37 - 0,43	-0,660	0,139	-0,799	-29
	6	0,43 - 0,63	-1,370	0,106	-1,476	-20

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 2 diatas yang paling berpengaruh terhadap kejadian banjir dengan nilai bobot tertinggi adalah jenis tanah latosol coklat dan regosol abu-abu. Jenis tanah latosol umumnya berada di iklim yang lembab dan dingin sehingga dapat menimbulkan genangan air. Sedangkan tanah regosol merupakan tanah yang dicirikan oleh butiran kasar, yang berarti kualitas tanah ini tidak mampu menahan air dengan baik (Suwanti 2021). Selain itu, kelas sawah dan rumah pada parameter penggunaan lahan juga sangat berpengaruh terhadap kejadian banjir. Hal ini dikarenakan lahan pertanian meningkatkan limpasan permukaan karena tidak adanya vegetasi yang menutupi tanah sehingga tidak ada yang mencegah aliran air yang terlalu cepat ke permukaan tanah. Sedangkan pemukiman meningkatkan limpasan permukaan karena tanah menjadi kedap air (Ullah and Zhang 2020). Pada lokasi ini, lahan yang digunakan sebagai sawah sebesar 20,94% dan lahan yang digunakan sebagai pemukiman sebesar 9,95% sehingga menunjukkan bahayanya tinggi.

Pada parameter kemiringan lereng yang paling mempengaruhi kejadian banjir adalah wilayah dengan kelerengan yang rendah, yaitu berada pada kelas pertama dengan nilai 0 – 6,8. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi gradien akan meningkatkan limpasan permukaan yang menyebabkan melambatnya proses infiltrasi dan air akan menggenang menjadi banjir pada daerah dengan gradien yang rendah (Ullah and Zhang 2020).

Parameter kerapatan sungai pada kelas pertama dengan nilai 0-0,000685 merupakan lokasi yang paling berpengaruh terhadap kejadian banjir. Hal ini dikarenakan semakin kecil nilai kerapatan sungai akan menyebabkan DAS mengalami penggenangan (Darmawan, Hani'ah, dan Suprayogi 2017).

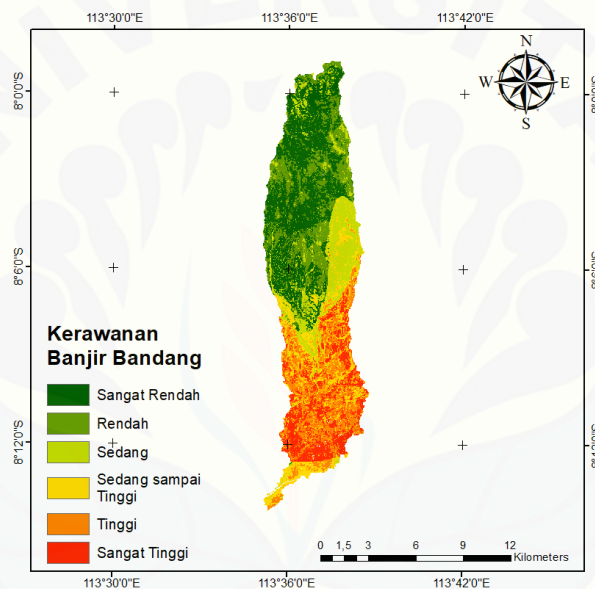
Nilai NDVI terkecil pada Tabel 2 merupakan yang paling berpengaruh terhadap kejadian banjir. Semakin kecil nilai NDVI menunjukkan bahwa tidak ada vegetasi di daerah tersebut, yang berarti tidak ada yang dapat menurunkan kecepatan limpasan di permukaan tanah. Maka kemungkinan terjadinya banjir juga akan semakin meningkat.

Selanjutnya, dilakukan penjumlahan bobot dari setiap parameter menggunakan teknik *overlay* pemetaan daerah rawan banjir bandang. Peta kerawanan banjir bandang yang terbentuk dibagi menjadi enam kelas, yaitu kelas kerawanan sangat rendah, rendah, sedang, sedang sampai tinggi, tinggi, dan sangat tinggi. Hasil klasifikasi tingkat kerawanan banjir bandang di sub-DAS Kaliputih dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

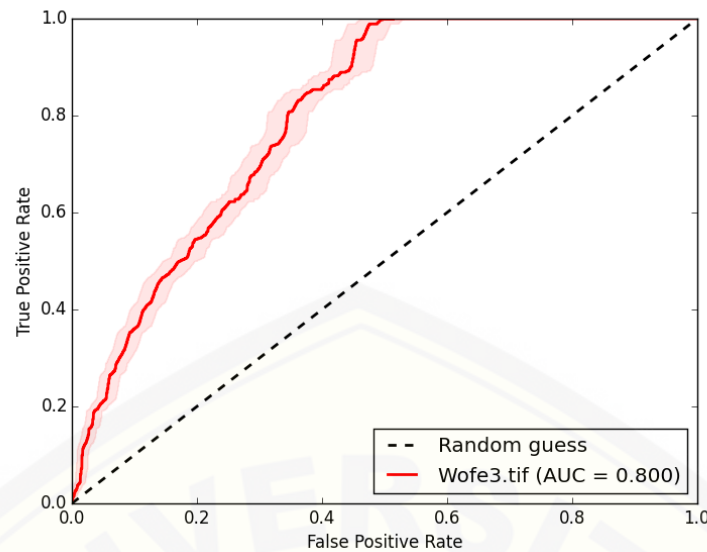
Tabel 3. Tingkat kerawanan banjir bandang di sub-DAS Kaliputih

No	Kelas	Klasifikasi	Luas (ha)	%
1	-261 – -121	Sangat Rendah	3412,62	28,49
2	-121 – -23	Rendah	2033,73	16,98
3	-23 – 80	Sedang	1783,26	14,89
4	80 – 176	Sedang sampai Tinggi	1534,50	12,81
5	176 – 273	Tinggi	1745,91	14,58
6	273 – 504	Sangat Tinggi	1467,09	12,25
Total			11977,11	100

Hasil analisis menggambarkan bahwa sekitar 28,49% dari total wilayah berada pada zona kerawanan banjir bandang sangat rendah, 16,98% tinggi, 14,89% sedang, 12,81% sedang sampai tinggi, 14,58% tinggi, dan 12,25% sangat tinggi. Tingkat kerawanan paling tinggi berada pada posisi paling bawah dari sub-DAS yang mana lokasi tersebut merupakan lokasi dengan penggunaan lahan sebagai sawah dan pemukiman.

**Gambar 5.** Peta kerawanan banjir bandang

Validasi model dilakukan dengan membandingkan peta kerawanan banjir bandang yang telah dibuat dengan data banjir eksisting. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peta kerawanan banjir bandang yang telah dibentuk memiliki nilai akurasi model yang cukup baik yaitu sebesar 80,0% (AUC = 0,800). Peta kerawanan banjir bandang perlu dilakukan validasi terhadap metode yang dipilih untuk melihat seberapa besar tingkat akurasinya. Metode validasi yang digunakan dalam penilaian kerawanan banjir bandang pada penelitian ini adalah metode receiver operating characteristic (ROC). Validasi dilakukan dengan membandingkan peta kerawanan banjir yang sudah dibuat dengan data historis banjir yang terjadi, lalu dihitung menggunakan dataset validasi yang tidak digunakan dalam proses training. Tingkat akurasi metode yang dipilih disajikan dalam kurva ROC yang dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Nilai kurva AUC

4. Kesimpulan

Pemetaan tingkat kerawanan banjir bandang menggunakan parameter kemiringan lereng, penggunaan lahan, kepadatan sungai, jenis tanah dan NDVI. Pembobotan dilakukan menggunakan metode *Weights of Evidence* dan didapatkan nilai 28,49% dari total luas wilayah dengan tingkat kerawanan sangat rendah, 16,98% rendah, 14,89% sedang, 12,81% sedang sampai tinggi, 14,58% tinggi, dan 12,25% sangat tinggi dari hasil analisis yang telah dilakukan. Nilai AUC prediksi pada peta kerawanan banjir bandang di sub-DAS Kaliputih menggunakan metode *Weights of Evidence* adalah sebesar 80,0% yang berarti peta kerawanan banjir bandang memiliki tingkat akurasi yang cukup baik. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan metode lain seperti *Frequency Ratio* (FR) untuk mendapatkan perbandingan metode yang digunakan.

Daftar Pustaka

- Darmawan, K., H. Hani'ah, and A. Suprayogi. 2017. "Analisis Tingkat Kerawanan Banjir Di Kabupaten Sampang Menggunakan Metode Overlay Dengan Scoring Berbasis Sistem Informasi Geografis." *Jurnal Geodesi Undip* 6(1): 31–40.
- Gudiyangada N., Thimmaiah et al. 2020. "Flood Susceptibility Mapping with Machine Learning, Multi-Criteria Decision Analysis and Ensemble Using Dempster Shafer Theory." *Journal of Hydrology* 590: 125275.
- Hamdani, H., Sulwan P., dan Adi S. 2016. "Analisa Daerah Rawan Banjir Menggunakan Aplikasi Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus Pulau Bangka)." *Jurnal Konstruksi* 12(1): 1–13.
- Harisuseno, D., and M. Bisri. 2017. *Limasan Permukaan Secara Keruangan: Spatial Runoff*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Harisuseno, Donny, and Evi N C. 2020. "Determination of Soil Infiltration Rate Equation Based on Soil Properties Using Multiple Linear Regression." *Journal of Water and Land Development* 47(1): 77–88.
- Ismiyah, W., et al. 2013. "Bencana Banjir Bandang Di Kecamatan Panti Kabupaten Jember Pada Tahun 2006 (The 2006 Torrential Flood Striking The Panti District of Jember Regency)." *Artikel Hasil Penelitian Mahasiswa* 1(1): 1–8.
- Khosravi, Khabat, Ebrahim Nohani, Edris Maroufinia, and Hamid Reza Pourghasemi. 2016. "A GIS-Based Flood Susceptibility Assessment and Its Mapping in Iran: A Comparison between Frequency Ratio and Weights-of-Evidence Bivariate Statistical Models with Multi-Criteria Decision-Making Technique." *Natural Hazards* 83(2): 947–87.
- Khosravi, Khabat, Hamid Reza Pourghasemi, Kamran Chapi, and Masoumeh Bahri. 2016. "Flash Flood Susceptibility Analysis and Its Mapping Using Different Bivariate Models in Iran : A

Entin, Wiwik, Adam: Kerawanan Banjir Bandang di Sub-DAS Kaliputih

- Comparison between Shannon ' s Entropy , Statistical Index , and Weighting Factor Models.” *Environmental Monitoring and Assessment* 188(12). <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-016-5665-9>.
- Kusumo, P., and Evi Nursari. 2016. “Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir Dengan Sistem Informasi Geografis Pada DAS Cidurian Kab. Serang, Banten.” *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)* 1(1): 29–38.
- Lestari, Merryana et al. 2018. “Analisis Daerah Rawan Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Tuntang Menggunakan Skoring Dan Inverse Distance Weighted.” : 1–9.
- Popa, Mihnea C., Daniel Peptenatu, Cristian Constantin Draghici, and Daniel Constantin Diaconu. 2019. “Flood Hazard Mapping Using the Flood and Flash-Flood Potential Index in the Buzau River Catchment, Romania.” *Water (Switzerland)* 11(10).
- Sulaeman, Asep, and Ery Suhartanto. 2017. “Bengawan Solo Untuk Mendukung Peta Risiko.” *Jurnal Teknik Pengairan* 8(November): 146–57.
- Suwanti. 2021. “Penerapan Analytical Hierarchy Process Untuk Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Jenis Tanah Terbaik Bagi Tanaman Porang (*Amorphophallus Muelleri*).”
- Tehrany, Shafapour et al. 2017. “GIS-Based Spatial Prediction of Flood Prone Areas Using Standalone Frequency Ratio, Logistic Regression, Weight of Evidence and Their Ensemble Techniques.” *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 8(2): 1538–61.
- Ullah, Kashif, and Jiquan Zhang. 2020. “GIS-Based Flood Hazard Mapping Using Relative Frequency Ratio Method: A Case Study of Panjkora River Basin, Eastern Hindu Kush, Pakistan.” *PLoS ONE* 15(3): 1–18. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0229153>.