

Perencanaan Lanskap Riparian Sungai Bengawan Solo Berbasis Mitigasi di Kabupaten Bojonegoro

Riparian Landscape Planning of Bengawan Solo River Based on Flood Mitigation in Bojonegoro Regency

Erwin Ismu Wisnubroto¹, Mochammad Azkari Hisbulloh Akbar^{2,*}, Romualdus Rezeki Senda²

¹Program Studi Agroteknologi, Universitas Tribhuwana Tunggaladewi, Kota Malang, Indonesia, 65144

²Program Studi Arsitektur Lanskap, Universitas Tribhuwana Tunggaladewi, Kota Malang, Indonesia, 65144

*Email: azkari@unitri.ac.id

Artikel Info

Diajukan: 10 Maret 2025

Direvisi: 01 September 2025

Diterima: 25 September 2025

Dipublikasi: 01 April 2026

Keywords

Bengawan Solo

flood mitigation

geographic information system

riparian

ABSTRACT

Bojonegoro Regency is an area that often experiences flooding because the Bengawan Solo River crosses it as the longest river in Java Island. Bojonegoro Regency is an area prone to flooding due to the overflow of the Bengawan Solo River which occurs every year, especially during the rainy season. This study aims to analyze the riparian landscape of the Bengawan Solo River which are prone to flooding in Bojonegoro Regency and to formulate recommendations for the concept of flood mitigation in the riparian landscape of the Bengawan Solo River in Bojonegoro Regency. The quantitative descriptive research method with overlay analysis using Geographic Information Systems (GIS) was applied to data on slope, soil type, rainfall, altitude, land use, and river buffers. The results of the analysis show that Bojonegoro Regency is divided into four categories of flood vulnerability, with a dominance of non-prone areas of 36,776 ha (35.18%), quite vulnerable 2,050 ha (1.89%), vulnerable 33,449 ha (32.00%), and very vulnerable 32,247 ha (30.85%). However, areas with very vulnerable (30.85%) are concentrated in flat areas with a slope of 0-8% which are generally residential and rice field areas. The proposed flood mitigation recommendations for the Bengawan Solo River riparian landscape in Bojonegoro Regency include determining mitigation zones consisting of a core zone as a Green Open Space, a buffer zone as a protector of the river and ecosystem, and a utilization zone as a settlement that is adaptive to flooding. The results of the analysis show that most of the Bengawan Solo River riparian landscape in Bojonegoro Regency have a fairly to very high level of flood vulnerability, especially in lowland areas that are widely used for settlements and agriculture

PENDAHULUAN

Kabupaten Bojonegoro merupakan salah satu daerah yang sering mengalami banjir ketika musim hujan tiba. Secara geografis, Kabupaten Bojonegoro dilalui oleh aliran Sungai Bengawan Solo (\pm 600 km) sebagai sungai terpanjang di Pulau Jawa (Harriyadi *et al.* 2024). Kabupaten Bojonegoro menjadi daerah dengan jalur aliran Sungai Bengawan Solo terpanjang sehingga wilayah ini tergolong rawan terhadap bencana banjir akibat luapan sungai yang terjadi setiap tahun.

Menurut Faradiba *et al.* (2020), risiko bencana banjir di Kabupaten Bojonegoro disebabkan oleh keberadaan Sungai Bengawan Solo dan intensitas curah hujan yang tinggi pada musim penghujan yang memicu luapan air sungai. Permasalahan serupa terkait tingginya intensitas curah hujan dan kondisi tanah yang mengeras penyebab banjir juga terjadi pada lanskap riparian Sungai Cimanuk, Indramayu (Aziizah dan Budiarti 2024). Berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Bojonegoro Nomor 26 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bojonegoro Tahun 2011-2031, Kabupaten Bojonegoro dikategorikan sebagai daerah rawan bencana alam, terutama banjir. Kawasan rawan bencana banjir Kabupaten Bojonegoro berada di sepanjang aliran Sungai Bengawan Solo. Wilayah yang rawan

banjir umumnya meliputi lahan pertanian, area peternakan, serta permukiman padat penduduk di sekitar sungai (Faradiba *et al.* 2020).

Penggunaan lahan seperti permukiman di kawasan riparian merupakan isu umum yang terjadi di berbagai wilayah di Indonesia dan secara langsung dapat mempengaruhi struktur serta fungsi ekologis sungai (Prastiyo *et al.* 2017). Perubahan penggunaan lahan di bantaran sungai yang memicu berkurangnya daerah resapan air juga permasalahan umum yang mendorong perlunya perencanaan lanskap riparian yang dapat memitigasi banjir sekaligus mengakomodasi kebutuhan masyarakat (Ikram dan Rani 2025).

Banjir akibat luapan Sungai Bengawan Solo di Kabupaten Bojonegoro merupakan tantangan kompleks yang memerlukan pendekatan berbasis tingkat kerawanan banjir dalam perencanaan lanskap riparian. Penelitian ini berfokus pada lanskap riparian Sungai Bengawan Solo di Kabupaten Bojonegoro yang memiliki cakupan wilayah cukup luas. Selain menganalisis tingkat kerawanan banjir, penelitian ini juga memberikan rekomendasi terkait pengelolaan lanskap riparian sebagai upaya mitigasi bencana banjir.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis tingkat kerawanan banjir di lanskap riparian Sungai Bengawan Solo di Kabupaten Bojonegoro serta memberikan rekomendasi konsep

mitigasi banjir. Rekomendasi tersebut disusun berdasarkan hasil analisis parameter yang relevan dengan perencanaan pola pemanfaatan ruang berbasis mitigasi bencana (Akbar *et al.* 2020). Rekomendasi yang diusulkan berupa zonasi lanskap riparian Sungai Bengawan Solo sebagai upaya mitigasi untuk mengurangi dampak banjir di masa depan. Diharapkan, rekomendasi ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam perencanaan lanskap berbasis mitigasi banjir.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif yang bertujuan mengungkap masalah atau fenomena bencana alam dengan data kuantitatif. Metode ini dilakukan berdasarkan tahapan pengumpulan dan analisis data kuantitatif yang diperoleh melalui survei. Metode deskriptif kuantitatif menekankan pada pengukuran objektif terhadap fenomena yang dianalisis menggunakan statistik. Karakteristik tingkat kerawanan banjir Sungai Bengawan Solo di Kabupaten Bojonegoro dianalisis dengan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mengolah data. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tahap analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS dengan teknik *overlay* untuk mendeskripsikan hasil pengolahan data dari masing-masing variabel guna memperkuat rekomendasi. ArcGIS sebagai perangkat SIG digunakan sebagai alat bantu *overlay* karena mampu menempatkan satu peta di atas peta lainnya serta menampilkan hasilnya pada layar komputer atau dalam

bentuk cetak. Teknik *overlay* memungkinkan penggabungan dua atau lebih peta digital beserta atributnya, sehingga menghasilkan peta baru dengan informasi yang lebih lengkap. Secara sederhana, *overlay* merupakan operasi visual yang mengintegrasikan lebih dari satu layer peta secara fisik menggunakan enam variabel yang tertera pada Tabel 1.

Pengelolaan data dilakukan melalui teknik pemberian skor dan bobot pada setiap variabel. Penentuan skor untuk setiap variabel mengacu pada tabel klasifikasi yang telah disusun. Besaran skor berbanding lurus dengan tingkat kerawanan pada variabel. Pemberian bobot didasarkan pada tingkat kontribusi setiap variabel terhadap kerawanan banjir. Variabel yang memiliki kontribusi signifikan diberikan bobot lebih tinggi, sedangkan variabel dengan kontribusi lebih rendah diberikan bobot lebih kecil (Tabel 2).

Proses *overlay* dilakukan secara bertahap dengan menggabungkan pasangan variabel secara berurutan. Teknik ini merupakan pendekatan umum dalam SIG untuk analisis kerentanan bencana dengan mengintegrasikan berbagai faktor spasial (Darmawan dan Suprayogi 2017). Peta kemiringan lereng dan peta elevasi di-*overlay* untuk menghasilkan Peta A. Peta jenis tanah dan peta curah hujan di-*overlay* sehingga membentuk Peta B. Peta buffer sungai dan peta penggunaan lahan di-*overlay* menghasilkan Peta C. Peta A dan Peta B digabungkan untuk membentuk Peta AB. Terakhir, Peta AB di-*overlay* dengan Peta C menghasilkan Peta Tingkat Kerawanan Banjir.

Nilai akhir tingkat kerawanan banjir diperoleh dengan menggunakan metode penjumlahan berbobot (*weighted overlay*) dengan skor setiap variabel dikalikan dengan

Tabel 1. Klasifikasi variabel kerawanan banjir

Variabel	Deskripsi	Keterangan	Skor	
Kemiringan Lereng ^{1,7}	0-8%	Datar	Sangat Rawan	5
	8-15%	Landai	Rawan	4
	15-25%	Agak Miring	Cukup Rawan	3
	25-40%	Miring	Kurang Rawan	2
	>40%	Curam	Tidak Rawan	1
Jenis Tanah ²	Aluvial, Planosol, Hidromorf, Laterik	Lambat	Sangat Rawan	5
	Latosol	Agak Lambat	Rawan	4
	Tanah Hutan Coklat, Tanah Mediteran	Sedang	Cukup Rawan	3
	Grumosol, Podsol, Podsolic	Agak Cepat	Kurang Rawan	2
	Regosol, Litosol, Organosol, Renzina	Cepat	Tidak Rawan	1
Curah Hujan ^{3,7}	>3000 mm/tahun	Sangat Basah	Sangat Rawan	5
	2501-3000 mm/tahun	Basah	Rawan	4
	2001-2500 mm/tahun	Sedang	Cukup Rawan	3
	1500-2000 mm/tahun	Kering	Kurang Rawan	2
	<1500 mm/tahun	Sangat Kering	Tidak Rawan	1
Ketinggian Tempat ⁴	0-20 m dpl	Sangat Rendah	Sangat Rawan	5
	20-75 m dpl	Rendah	Rawan	4
	75-130 m dpl	Sedang	Cukup Rawan	3
	130-155 m dpl	Tinggi	Kurang Rawan	2
	>155 m dpl	Sangat Tinggi	Tidak Rawan	1
Penggunaan Lahan ^{5,7}	Pemukiman		Sangat Rawan	5
	Sawah/Tambak		Rawan	4
	Ladang/Tegalan		Cukup Rawan	3
	Semak Belukar		Kurang Rawan	2
	Hutan		Tidak Rawan	1
Buffer Sungai ⁶	0-200 m		Sangat Rawan	5
	200-500 m		Cukup Rawan	3
	>500 m		Tidak Rawan	1

Sumber: Asdak 2023^{1,2}; Jeihaan 2017³; Darmawan dan Suprayogi 2017^{4,5}; Hasan 2015⁶; Gandri *et al.* 2019⁷

Tabel 2. Klasifikasi pembobotan variabel

No	Variabel	Bobot
1	Kemiringan Lereng	10
2	Penggunaan Lahan	20
3	Jenis Tanah	10
4	Ketinggian Tempat	15
5	Buffer Sungai	20
6	Curah Hujan	25

Sumber: Modifikasi dari Hasan (2015)

bobotnya masing-masing lalu dijumlahkan. Pendekatan ini secara luas digunakan dalam analisis multikriteria untuk mengkuantifikasi tingkat risiko bencana secara spasial (Lasaiba 2023). Proses ini dihitung menggunakan persamaan berikut, dengan klasifikasi tingkat kerawanan disajikan pada Tabel 3.

$$K = \sum_{i=1}^n (Wi \times Xi)$$

Keterangan:

K : Nilai kerawanan

Xi : Skor kelas variabel ke-i

Wi : Bobot untuk *variable*

Tabel 3. Klasifikasi tingkat kerawanan banjir

No	Klasifikasi Tingkat Kerawanan	Skor
1	Tidak Rawan	100-199
2	Cukup Rawan	200-299
3	Rawan	300-399
4	Sangat Rawan	400-499

Sumber: Pratiwi dan Prasetyo 2020

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum

Kabupaten Bojonegoro merupakan salah satu Kabupaten di wilayah Provinsi Jawa Timur yang terletak di Pulau Jawa dan secara astronomis Kabupaten Bojonegoro terletak pada koordinat 111,025° BT-112,009° BT dan 60,59° LS-70,37° LS dan terletak di utara bagian barat Provinsi Jawa Timur. Secara administratif, Kabupaten Bojonegoro mempunyai batas-batas administratif sebagai berikut:

1. Utara: Kabupaten Tuban.
2. Timur: Kabupaten Lamongan.
3. Selatan: Kabupaten Ngawi dan Kabupaten Nganjuk
4. Barat: Provinsi Jawa Tengah.

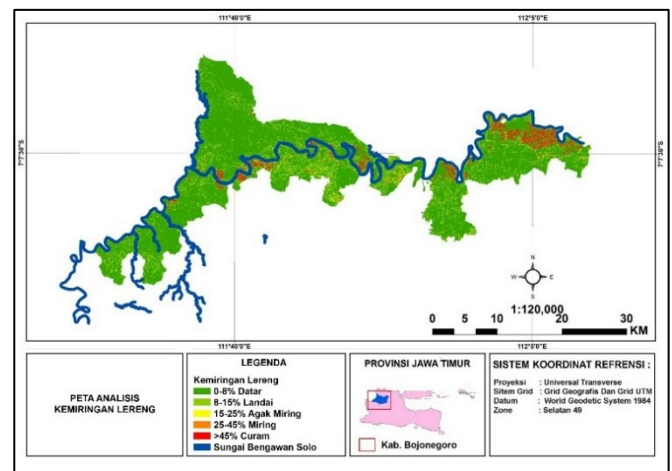
Luas dari wilayah administratif Kabupaten Bojonegoro adalah 230.706 ha. Secara administratif, terbagi dalam 28 kecamatan dan 426 desa. Topografi Kabupaten Bojonegoro memiliki variasi yaitu, sepanjang aliran sungai Bengawan Solo merupakan daerah dataran rendah yang subur dan cocok untuk pertanian. Sebaliknya, bagian selatan didominasi oleh daerah perbukitan dan pegunungan, seperti kawasan Gunung Pandan, Kramat, dan Gajah. Ketinggian permukaan bumi di Kabupaten Bojonegoro berkisar antara 11 hingga 520 m dpl. Kabupaten Bojonegoro memiliki iklim tropis muson dengan karakteristik dua musim yang tegas, yaitu musim kemarau dan musim hujan. Musim kemarau umumnya berlangsung antara bulan Mei hingga Oktober, sedangkan musim hujan terjadi pada periode November hingga April.

Kondisi hidrologi Kabupaten Bojonegoro sangat dipengaruhi oleh aliran Sungai Bengawan Solo yang membentang dari selatan, berfungsi sebagai batas alami antara Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Timur. Sungai ini kemudian mengalir ke arah timur, melintasi wilayah bagian utara Kabupaten Bojonegoro dan berbatasan dengan Kabupaten Lamongan. Sungai Bengawan Solo yang ada di

Kabupaten Bojonegoro memiliki panjang 184,34 km dengan lebar sungai yang beragam. Penggunaan lahan di Kabupaten Bojonegoro terdiri atas Kawasan Lindung berupa hutan lindung 1.456,47 ha; sempadan sungai 1.242,04 Ha; danau dan waduk 967,27 ha serta kawasan budidaya berupa hutan produksi seluas 94.479,34 ha; perkebunan seluas 1.522,66 Ha; tanah sawah seluas 76.848,17 ha; permukiman seluas 23.970,35 ha; ladang seluas 23.439,73 ha; dan lain-lain seluas 6.779,97 ha.

Analisis Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng sebagai kemiringan suatu permukaan tanah relatif terhadap bidang datar. Sederhananya, ini adalah seberapa curam atau landai suatu lereng. Kemiringan lereng ini biasanya dinyatakan dalam bentuk persentase (%) atau derajat (°). Peta dan hasil analisis kemiringan lereng pada riparian Sungai Bengawan di Kabupaten Bojonegoro terdapat pada Gambar 1 dan Tabel 4.



Gambar 1. Peta kemiringan tanah

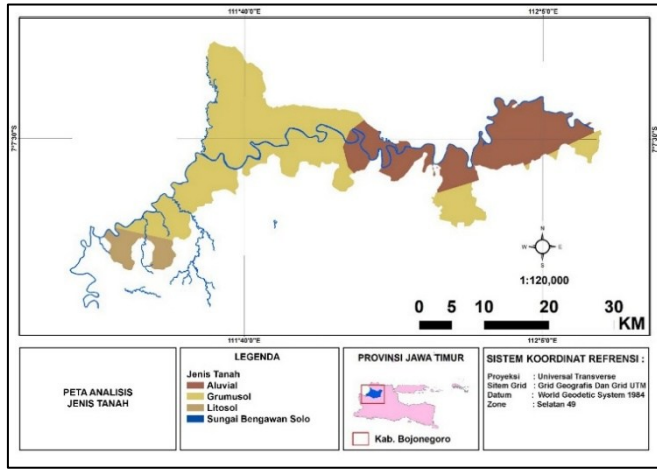
Tabel 4. Analisis Kemiringan Lereng

Kemiringan	Luas (Ha)	(%)	Skor	Bobot	Σ
0-8 %	51.894	76,72	5	10	50
8-15%	8.936	13,21	4	10	40
15-25%	2.354	3,48	3	10	30
25-40%	1.538	2,27	2	10	20
>40%	2.915	4,31	1	10	10
Total	67.637	100,00			

Hasil analisis peta kemiringan lereng pada riparian Sungai Bengawan di Kabupaten Bojonegoro menunjukkan bahwa kemiringan lereng yang terdiri atas kemiringan 0-8% (Datar), 8-15% (Landai), 15-25% (Agak Miring), 25-40% (Miring) dan lebih dari 40% (Curam). Sebagian besar lanskap riparian Sungai Bengawan Solo di Kabupaten Bojonegoro memiliki kemiringan lereng yang datar (0-8%) sehingga kondisi ini menjadikan wilayah yang sangat rawan terhadap banjir. Sebaliknya, dengan kemiringan lereng 25-40% (2,27%) serta kemiringan lereng >40% (4,31%) memiliki tingkat rawan banjir yang lebih rendah. Kemiringan lereng yang curam menyebabkan aliran limpasan permukaan menjadi cepat dan tidak akan menggenangi daerah ini (Kusumo dan Nursari 2016).

Analisis Jenis Tanah

Jenis tanah mempengaruhi kecepatan infiltrasi, kemampuan tanah menyerap air, proses hidrologis, dan ketahanan terhadap erosi. Tanah sebagai lapisan permukaan bumi memiliki tekstur yang berperan dalam proses infiltrasi



Gambar 2. Peta jenis tanah

Tabel 5. Analisis jenis tanah

Jenis Tanah	Luas (ha)	(%)	Skor	Bobot	Σ
Aluvial	21.535	31,84	5	10	50
Grumusol	42.357	62,62	2	10	20
Litosol	3.745	5,54	1	10	10
Total	67.637	100,00			

dan aliran permukaan. Peta dan hasil analisis jenis tanah pada riparian Sungai Bengawan di Kabupaten Bojonegoro terdapat pada Gambar 2 dan Tabel 5.

Berdasarkan analisis jenis tanah, diperoleh jenis tanah Grumusol 42.357 ha (62,62%), Aluvial 21.535 ha (31,84%), dan Litosol 3.742 ha (5,54%). Tanah grumusol memiliki kapasitas menahan air yang tinggi, tetapi memiliki laju infiltrasi yang lambat, terutama saat kering. Hal ini menyebabkan genangan air di permukaan tanah saat terjadi hujan deras. Tanah aluvial umumnya memiliki permeabilitas yang baik, artinya air mudah meresap ke dalam tanah tetapi, ketika jenuh oleh air, kapasitas infiltrasi akan menurun drastis. Di sisi lain, tanah litosol memiliki infiltrasi air yang rendah karena struktur tanah yang tidak rata sehingga air hujan cenderung bergerak cepat di permukaan tanah, meningkatkan aliran permukaan dan risiko banjir di daerah datar atau dengan kemiringan yang curam (Latue dan Latue 2023).

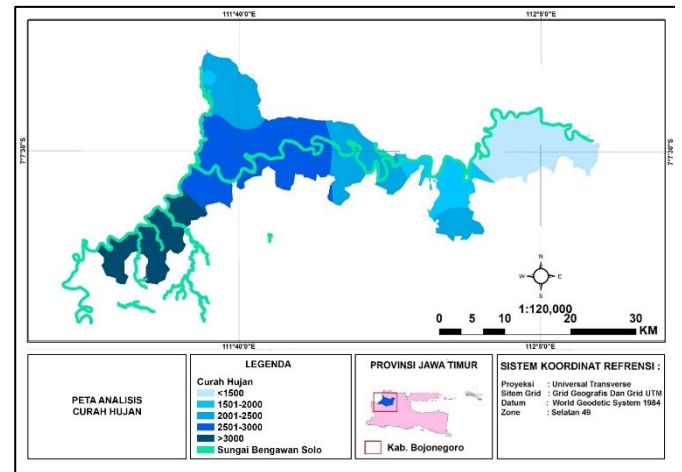
Tanah dengan tekstur sangat halus memiliki peluang kejadian banjir yang tinggi, sedangkan tekstur yang kasar memiliki peluang kejadian banjir yang rendah. Hal ini disebabkan semakin halus tekstur tanah menyebabkan air aliran permukaan yang berasal dari hujan maupun luapan sungai sulit untuk meresap ke dalam tanah, sehingga terjadi penggenangan (Kusumo dan Nursari 2016).

Analisis Curah Hujan

Curah Hujan (mm) merupakan ketinggian air hujan yang jatuh pada tempat yang datar dengan asumsi tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Ketika curah hujan melebihi kapasitas infiltrasi tanah dan kapasitas tampung saluran drainase, kelebihan air akan menggenangi dan menyebabkan banjir. Peta dan hasil analisis curah hujan pada riparian Sungai Bengawan di Kabupaten Bojonegoro terdapat pada Gambar 3 dan Tabel 6.

Berdasarkan data curah hujan, Kabupaten Bojonegoro mengalami disparitas spasial yang signifikan. Kecamatan Ngraho dengan curah hujan ekstrem (>3000 mm/tahun), rawan terhadap bencana hidrometeorologi seperti banjir. Hal ini mengindikasikan kondisi sangat basah dan rawan banjir yang signifikan. Kondisi ini diperparah oleh curah hujan tinggi di beberapa kecamatan lainnya. Kecamatan Padangan, Kasiman, Malo, dan Kalitidu juga mengalami curah hujan

tinggi (2501-3000 mm/tahun). Sebaliknya, defisit curah hujan terjadi di Kecamatan Kanor, Baureno, dan Balen mengindikasikan tingkat kerawanan banjir yang lebih rendah.



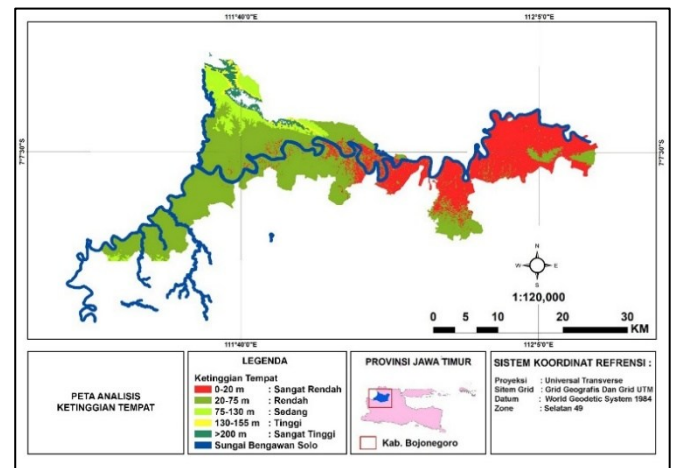
Gambar 3. Peta curah hujan

Tabel 6. Analisis curah hujan

Curah Hujan (mm/tahun)	Luas (ha)	(%)	Skor	Bobot	Σ
>3000	10.027	14,82	5	25	125
2501-3000	20.926	30,94	4	25	100
2001-2500	17.800	26,32	3	25	75
1500-2000	5.923	8,76	2	25	50
<1500	12.957	19,16	1	25	25
Total	67.637	100,00			

Analisis Ketinggian Tempat

Ketinggian tempat atau elevasi suatu wilayah merupakan salah satu faktor kerawanan banjir. Wilayah dengan ketinggian rendah seringkali berfungsi sebagai daerah genangan, sehingga lebih rawan terhadap banjir. Peta dan hasil analisis ketinggian tempat pada riparian Sungai Bengawan di Kabupaten Bojonegoro terdapat pada Gambar 4 dan Tabel 7.



Gambar 4. Peta ketinggian tempat

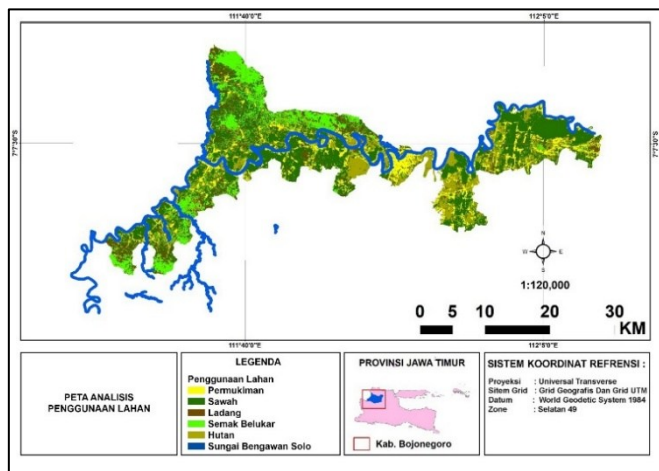
Tabel 7. Analisis ketinggian tempat

Ketinggian (mdpl)	Luas (ha)	(%)	Skor	Bobot	Σ
0-20	21.868	32,33	5	15	75
20-75	36.467	53,92	4	15	60
75-130	5.477	8,10	3	15	45
130-155	1.618	2,39	2	15	30
Total	67.637	100,00			

Hasil analisis ketinggian tempat menunjukkan sebagian besar wilayah Kabupaten Bojonegoro berada pada ketinggian 0-20 m dengan luas 21.868 ha (32,33%) dan 20-75 m dengan luas 36.467 ha (53,92%). Wilayah dengan ketinggian 0-20 m dan 20-75 m dikategorikan sebagai sangat rawan dan rawan banjir terdapat pada Kecamatan Bojonegoro, Balen, Kanor, dan Baureno. Sebaliknya, bagian utara Kabupaten Bojonegoro yang lebih tinggi cenderung lebih aman.

Analisis Penggunaan Lahan

Berdasarkan hasil observasi lapangan, pola penggunaan lahan didominasi oleh lahan pertanian tanaman pangan dan perkebunan. Pengelompokan penggunaan lahan berdasarkan ciri khas penggunaannya, yaitu permukiman, sawah/tambak, ladang/tegalan, semak belukar, dan hutan. Peta dan hasil analisis penggunaan lahan pada riparian Sungai Bengawan di Kabupaten Bojonegoro terdapat pada Gambar 5 dan Tabel 8.



Gambar 5. Peta penggunaan lahan

Tabel 8. Analisis penggunaan lahan

Penggunaan Lahan	Luas (ha)	(%)	Skor	Bobot	Σ
Pemukiman	8.723	12,90	5	20	100
Sawah/Tambak	28.188	41,68	4	20	80
Ladang/Tegalan	8.257	12,21	3	20	60
Semak Belukar	10.181	15,05	2	20	40
Hutan	12.288	18,17	1	20	20
Total	67.637	100,00			

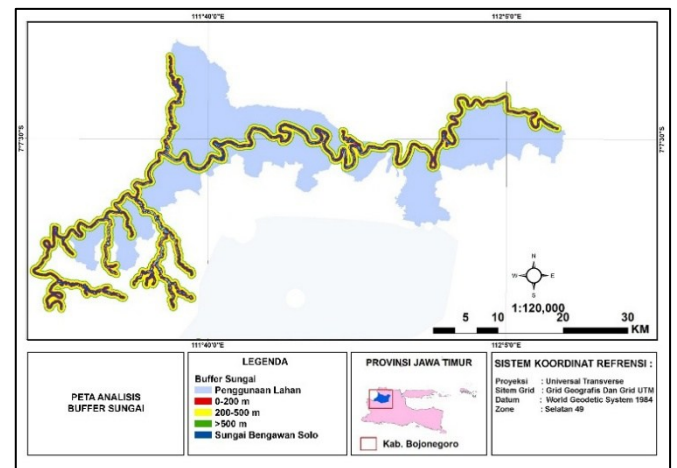
Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan lahan didominasi oleh sawah (41,68%), hutan (18,17%), dan semak belukar (15,05%). Sebaran sawah yang hampir merata di seluruh riparian Sungai Bengawan memiliki faktor pendukung irigasi berupa Sungai Bengawan Solo. Akan tetapi, keberadaan sawah pada riparian ini dapat meningkatkan kerawanan banjir dan minimnya vegetasi yang berfungsi menahan aliran air saat terjadi banjir.

Sebaliknya, area hutan yang dapat mengurangi aliran air saat banjir memiliki luas yang lebih kecil dibandingkan dengan sawah. Keberadaan vegetasi alami seperti hutan atau system lanskap agroforestri (misalnya kebun campuran dan pekarangan) di riparian sungai sangat penting karena berfungsi sebagai habitat inti (*core*) dan penyedia jasa lanskap (*landscape services*) (Prastiyo et al. 2017; Kaswanto 2022; Qisthina et al. 2023; Rettob et al. 2025).

Analisis Buffer Sungai

Buffer sungai adalah area yang terletak di sekitar aliran sungai, danau, atau lahan basah. Konsep buffer sungai didasarkan pada asumsi bahwa semakin dekat suatu area

dengan sungai, maka semakin tinggi tingkat kerawanan banjir. Peta dan hasil analisis buffer sungai pada riparian Sungai Bengawan Solo di Kabupaten Bojonegoro dapat dilihat pada Gambar 6 dan Tabel 9.



Gambar 6. Peta buffer sungai

Tabel 9. Analisis buffer sungai

Jarak Buffer (m)	Luas (Ha)	(%)	Skor	Bobot	Σ
0-200	12.418	27,10	5	20	100
200-500	24.358	53,15	3	20	60
>500	9.049	19,75	1	20	20
Total	45.825	100,00			

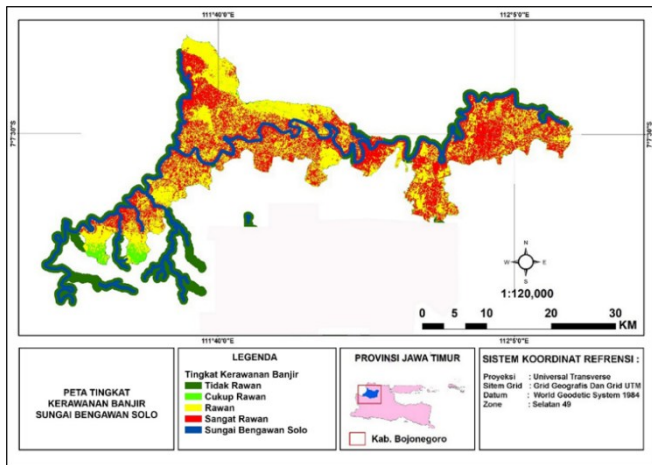
Hasil analisis menunjukkan bahwa pada jarak 0-200 m dari sungai, terdapat banyak permukiman dengan tingkat kerawanan banjir yang tinggi. Area ini mencakup 12.418 ha (27,10%) dari total wilayah dikategorikan sangat rawan terhadap banjir. Temuan ini sejalan dengan penelitian Aziza et al. (2021), yang menyatakan bahwa daerah yang berdekatan dengan sungai memiliki potensi banjir yang tinggi. Observasi langsung mengungkapkan bahwa bangunan terdekat dengan Sungai Bengawan Solo pada jarak 10-100 m. Kondisi ini bertentangan dengan Peraturan Menteri PUPR tentang Garis Sempadan Sungai, yang menetapkan jarak 15 m dari sungai untuk kedalaman sungai antara 3-20 m dan jarak 30 m dari sungai untuk kedalaman sungai lebih dari 20 m.

Analisis Tingkat Kerawanan Banjir

Analisis tingkat kerawanan banjir dilakukan setelah skor dan pembobotan pada semua variabel, diikuti dengan tahap *overlay*. *Overlay* atau tumpang tindih melibatkan semua variabel yaitu, kemiringan lereng, jenis tanah, curah hujan, ketinggian tempat, penggunaan lahan, dan buffer sungai. Proses ini memungkinkan integrasi dan analisis informasi dari beberapa peta secara bersamaan. Hasilnya adalah peta gabungan yang menyajikan data spasial dan atribut dari berbagai peta sumber. Peta tingkat kerawanan banjir dapat dilihat pada Gambar 7 dan hasil analisis tingkat kerawanan banjir Sungai Bengawan Solo disajikan pada Tabel 10.

Tingkat kerawanan banjir pada Sungai Bengawan Solo di Kabupaten Bojonegoro diklasifikasikan menjadi empat kelas, yaitu tidak rawan, cukup rawan, rawan, dan sangat rawan. Klasifikasi multikelas seperti ini merupakan metode standar dalam pemetaan risiko bencana untuk menentukan area prioritas dan strategi mitigasi yang sesuai (Ujung et al. 2019). Kelas tidak rawan mencakup area seluas 23.029 ha (34,05%) yang meliputi Kecamatan Ngraho, Padangan, Baureno, Bojonegoro, Kasiman, Kanor, dan Balen. Kelas cukup rawan memiliki luas 1,004 ha (1,48%) dan terletak di

Kecamatan Ngraho. Kelas rawan tersebar di seluruh kecamatan dengan luas 22.403 ha (33,12%). Sementara itu, kelas sangat rawan dengan luas 21.201 ha (31,35%) yang meliputi Kecamatan Ngraho, Padangan, Kasiman, Malo, Kalitidu, Trucuk, Bojonegoro, Balen, Kanor, dan Baureno.



Gambar 7. Peta tingkat kerawanan banjir Sungai Bengawan Solo

Tabel 10. Analisis tingkat kerawanan banjir Sungai Bengawan Solo

Tingkat Rawan Banjir	Luas (Ha)	(%)
Tidak Rawan	23.029	34,05
Cukup Rawan	1.004	1,48
Rawan	22.403	33,12
Sangat Rawan	21.201	31,35
Total	67.637	100,00

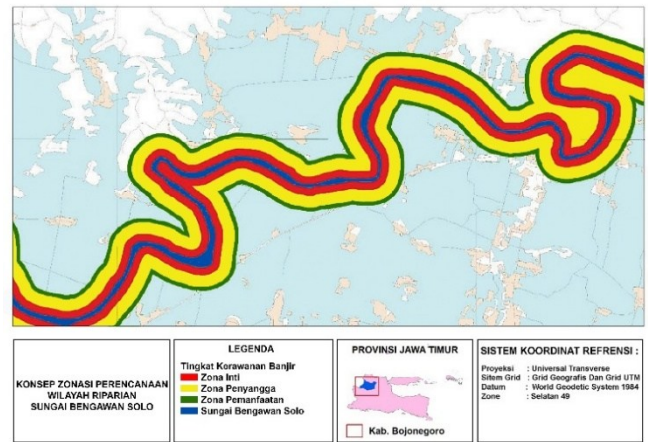
Area sangat rawan banjir didominasi wilayah dengan ketinggian yang rendah, penggunaan lahan yang sebagian besar terdiri dari lahan pertanian dan permukiman, kemiringan lereng yang rendah, dan kedekatan dengan Sungai Bengawan Solo. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa parameter fisik seperti elevasi, tutupan lahan, dan kemiringan lereng merupakan penentu utama tingkat kerawanan banjir di suatu daerah aliran sungai (Prastiyo *et al.* 2020; Fitriyati *et al.* 2022; Syaiful *et al.* 2025). Kondisi serupa juga ditemukan pada area rawan, meskipun terdapat perbedaan signifikan dalam jarak buffer sungai. Di sisi lain, area cukup rawan dan tidak rawan banjir didominasi oleh vegetasi hutan dan semak serta memiliki ketinggian tempat yang relatif sedang dan tinggi, sehingga menjadi daerah yang lebih aman.

Rekomendasi

Rekomendasi yang disusun berdasarkan hasil analisis variabel yang relevan dengan perencanaan pola pemanfaatan ruang berbasis mitigasi bencana yang disesuaikan di lanskap riparian Sungai Bengawan Solo dikembangkan dalam bentuk zonasi. Rekomendasi ini didasarkan pada tingkat kerawanan banjir yang menunjukkan bahwa Kabupaten Bojonegoro merupakan daerah yang rawan dan sangat rawan terhadap banjir sehingga menitikberatkan pada wilayah sangat rawan banjir seluas 21.201 ha (31,35%) dan rawan banjir seluas 22.403 ha (33,12%).

Rekomendasi mitigasi banjir lanskap riparian Sungai Bengawan Solo di Kabupaten Bojonegoro dimulai dengan pembentukan konsep zonasi perencanaan lanskap riparian Sungai Bengawan Solo berdasarkan tingkat kerawanan. Konsep zonasi perencanaan lanskap riparian sungai yang diajukan meliputi Zona Inti (0-30 m) dan Zona Penyangga (30-100 m) pada wilayah sangat rawan banjir serta Zona Pemanfaatan (> 100 m) pada wilayah rawan banjir. Pendekatan

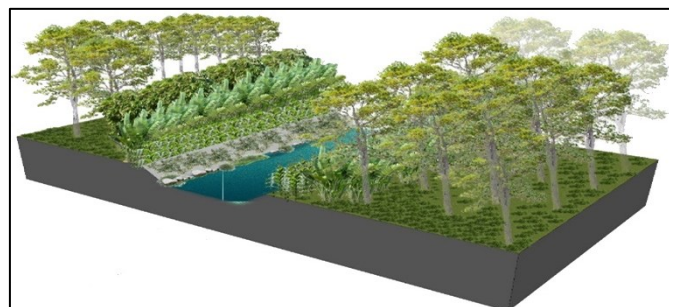
zonasi ini pada dasarnya merupakan bentuk analisis kesesuaian lahan yang bertujuan mengarahkan pengembangan agar selaras dengan potensi dan batasan setiap wilayah untuk mencapai keberlanjutan (Budiyono *et al.* 2023). Konsep zonasi perencanaan lanskap riparian Sungai Bengawan Solo terdapat pada Gambar 8.



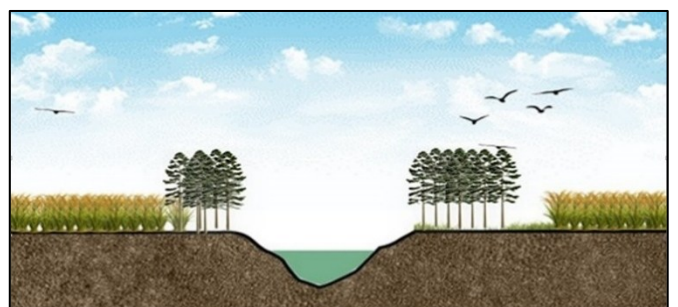
Gambar 8. Konsep zonasi perencanaan lanskap riparian Sungai Bengawan Solo

Zona Inti (Gambar 9) yang berfungsi sebagai Ruang Terbuka Hijau dan Biru (RTH/B), memiliki peran penting dalam mengurangi dampak banjir, mengurangi risiko banjir, mengendalikan aliran permukaan, memperkuat tepian sungai, serta menyediakan ruang yang aman bagi masyarakat. Fungsi ekologis RTH/B pada lanskap riparian sangat krusial, tidak hanya sebagai pengendali banjir, tetapi juga sebagai penjaga kualitas lanskap kota, seperti pengatur iklim mikro, peredam kebisingan, dan pengikat karbon (Noviandi *et al.* 2017; Arifin dan Kaswanto 2023; Aziizah dan Budiarti 2024; Fitriyati *et al.* 2024).

Zona Penyangga (Gambar 10) berfungsi sebagai pelindung sungai dan ekosistem, dengan fokus pada perlindungan keanekaragaman hayati. Upaya yang dilakukan dalam zona ini mencakup penanaman vegetasi asli, seperti rumput, semak, dan pohon, serta peningkatan kualitas air (Prastiyo *et al.* 2018). Keberadaan vegetasi asli sangat penting karena struktur seperti kebun campuran dan pekarangan



Gambar 9. Zona inti

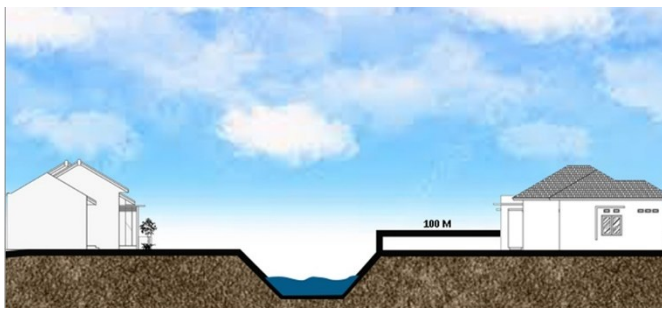


Gambar 10. Zona penyangga

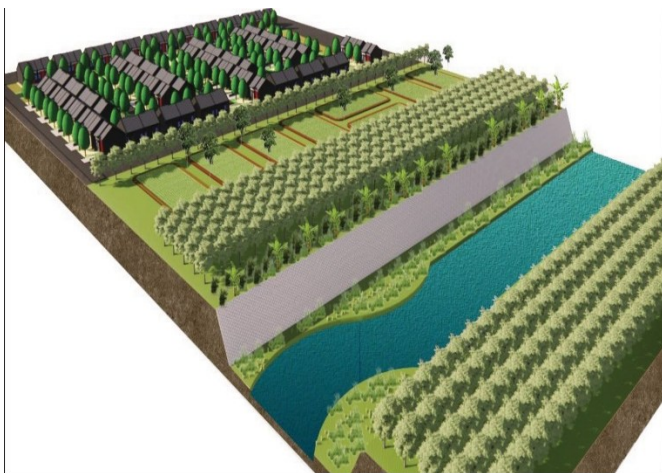
terbukti berfungsi sebagai habitat inti (*core*) dan penyedia jasa ekosistem penting di lanskap riparian (Prastiyo *et al.* 2017; Mosyafiani *et al.* 2018).

Zona Pemanfaatan (Gambar 11) dirancang sebagai kawasan permukiman yang adaptif terhadap banjir. Perancangan zona ini selaras dengan konsep pengembangan *waterfront* yang pada dasarnya menata kawasan untuk berinteraksi secara positif dengan badan air, sekaligus menyediakan wadah bagi aktivitas masyarakat dan meningkatkan kualitas lingkungan (Puspita *et al.* 2017; Jesica *et al.* 2019; Kharisma dan Kaswanto 2021). Konsep ini mencakup penataan dan pengelolaan kawasan permukiman, adaptasi bentuk dan fungsi bangunan, serta penerapan strategi mitigasi banjir untuk mengurangi risiko dan dampak banjir terhadap masyarakat.

Ketiga zona tersebut saling terintegrasi dalam sebuah perencanaan lanskap riparian Sungai Bengawan Solo berbasis mitigasi banjir sehingga mampu menciptakan keseimbangan dan memperkuat lanskap riparian terhadap kerawanan banjir (Gambar 12).



Gambar 11. Zona pemanfaatan



Gambar 12. Integrasi zona perencanaan lanskap riparian Sungai Bengawan Solo berbasis mitigasi banjir

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Kabupaten Bojonegoro merupakan wilayah yang memiliki tingkat kerawanan yang signifikan berdasarkan analisis lanskap riparian Sungai Bengawan Solo di Kabupaten Bojonegoro. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak ArcGIS untuk menganalisis variabel kemiringan lereng, jenis tanah, curah hujan, ketinggian, penggunaan lahan, dan buffer sungai. Hasil analisis mengklasifikasikan tingkat kerawanan banjir ke dalam empat kelas, yaitu tidak rawan, cukup rawan, rawan, dan sangat rawan. Tingkat kerawanan banjir terdiri atas kelas tidak rawan mencakup area seluas 36,776 Ha (35,18%), yang meliputi Kecamatan Ngraho, Padangan, Baureno,

Bojonegoro, Kasiman, Kanor, dan Balen; kelas cukup rawan teridentifikasi di Kecamatan Ngraho dengan luas 2,050 Ha (1,89%); kelas rawan tersebar di seluruh kecamatan dengan luas 33,449 Ha (32,00%); dan kelas sangat rawan mencakup area seluas 32,247 Ha (30,85%) yang meliputi Kecamatan Ngraho, Padangan, Kasiman, Malo, Kalitidu, Trucuk, Bojonegoro, Balen, Kanor, dan Baureno. Berdasarkan hasil analisis ini, direkomendasikan strategi mitigasi banjir yang mencakup penetapan tiga zona, yaitu Zona Inti sebagai Ruang Terbuka Hijau, Zona Penyangga sebagai pelindung sungai dan ekosistem, serta Zona Pemanfaatan yang dirancang sebagai permukiman adaptif terhadap banjir. Rekomendasi ini diharapkan dapat mengurangi risiko banjir dan meningkatkan ketahanan masyarakat di Kabupaten Bojonegoro.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian mengenai perencanaan lanskap riparian Sungai Bengawan Solo berbasis mitigasi banjir di Kabupaten Bojonegoro diperlukan beberapa langkah strategis sebagai rencana aksi yaitu implementasi zonasi lanskap riparian termasuk regulasi dan kebijakan yang mendukung penerapan zonasi. Rehabilitasi dan konservasi lanskap riparian menggunakan vegetasi asli dengan melibatkan masyarakat lokal untuk keberlanjutan dan kesadaran lingkungan. Penekanan pada vegetasi riparian menjadi sangat krusial karena menjadi faktor terpenting dalam menentukan keberhasilan pengembangan lanskap riparian. Pengembangan desain permukiman adaptif terhadap banjir yang didukung sosialisasi dan pendampingan teknis masyarakat. Monitoring dan evaluasi untuk menilai efektivitas zonasi riparian dalam mengurangi risiko banjir di Kabupaten Bojonegoro.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar MAH, Kharis FA, Rahmawati OP. 2020. Perencanaan Lanskap Mitigasi Tsunami Berbasis Ekosistem Mangrove di Kota Palu. *Jurnal Lanskap Indonesia* 12(2): 41-53. <https://doi.org/10.29244/jli.v12i2.32383>
- Arifin HS, Kaswanto RL. 2023. Manajemen Ruang Terbuka Biru untuk Pengendali Banjir. IPB Press. Bogor.
- Asdak C. 2023. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. UGM Press. Yogyakarta.
- Aziizah NA, Budiarti T. 2024. Evaluasi Fungsi Ekologis Taman Kota pada Lanskap Riparian Sungai Cimanuk, Indramayu. *Jurnal Lanskap Indonesia* 16(2): 109-116. <https://doi.org/10.29244/jli.v16i2.44391>
- Aziza SN, 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/10.23887/jjppg.v9i2.35173>
- Budiyono D, Kurniawan H, Sumiati A, Ngaga H. 2023. Analisis Kesesuaian Lahan Lanskap Wisata Pantai Lenggoksono Berbasis Sistem Informasi Geografi Desa Purwodadi, Kabupaten Malang. *Jurnal Lanskap Indonesia* 15(2): 86-94. <https://doi.org/10.29244/jli.v15i2.42500>
- Darmawan K., Suprayogi A. 2017. Analisis Tingkat Kerawanan Banjir di Kabupaten Sampang Menggunakan Metode Overlay dengan Scoring Berbasis Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geodesi Undip* 6(1): 31-40. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2017.15024>
- Faradiba IY, Rachmawati TA, Usman F. 2020. Adaptasi Masyarakat Terhadap Bencana Banjir di Kecamatan

- Trucuk, Kabupaten Bojonegoro. *Planning for Urban Region and Environment Journal* (PURE) 9(3): 51-58.
- Fitriyati N, Arifin HS, Kaswanto RL, Marimin. 2022. Flood Resiliency Approach for Urban Planning: Critical Review and Future Research Agenda. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1109(1): 012009. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1109/1/012009>
- Fitriyati N, Arifin HS, Kaswanto RL, Marimin. 2024. Model Mitigasi Banjir Kota Bekasi untuk Resiliensi Perkotaan. *Journal Policy Brief Pertanian, Kelautan, dan Biosains Tropika* 6(4): 1090-1096. <https://doi.org/10.29244/agro-maritim.0604.1090-1096>
- Gandri L, Purwanto MYJ, Sulistyantara B, Zain AFM. 2019. Pemodelan Bahaya Banjir Kawasan Perkotaan (Studi Kasus di Kota Kendari). *Jurnal Keteknikaan Pertanian* 7(1): 9-16. <https://doi.org/10.19028/jtep.07.1.9-16>
- Harriyadi H, Wiryandara HA, Nugroho D, Mahardian DE, Jauharatna KJ, Hendrawan MF, Tobing LRL. 2024. Sejarah Modifikasi Lanskap Hilir Sungai Bengawan Solo Pada Akhir Abad Ke-19. *WALENNAE: Jurnal Arkeologi Sulawesi Selatan dan Tenggara* 22(1): 45-66. <https://doi.org/10.24832/wln.v22i1.776>
- Hasan MF. 2015. Analisis Tingkat Kerawanan Banjir di Bengawan Jero Kabupaten Lamongan. *Jurnal Swara Bhumi* 3(3): 239-247.
- Ikram, Rani MS. 2025. Desain Lanskap Riparian Sungai Tole dengan Konsep Eco-Culture di Kota Bungku, Kecamatan Bungku Tengah, Kabupaten Morowali. *Jurnal Lanskap Indonesia* 17(1): 77-89. <https://doi.org/10.29244/jli.v17i1.56739>
- Jeihsan S. 2017. Analisis Daerah Rawan Banjir di Kabupaten Sampang Menggunakan Sistem Informasi Geografis dengan Metode Data Multi Temporal. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Jesica J, Kaswanto RL, Arifin HS. 2019. Management of "Pekarangan" in Informal Settlement of Ciliwung River Riparian Landscape. *KnE Social Sciences* 3(2): 408-420. <https://doi.org/10.18502/kss.v3i2i.4984>
- Kaswanto RL. 2022. Manajemen Metabolisme Lanskap Mewujudkan Lanskap Rendah Karbon. Dalam Ragam Aktualisasi Agromaritim Indonesia Bunga Rampai: Pemikiran Dosen Muda Institut Pertanian Bogor. IPB Press. Bogor.
- Kharisma D, Kaswanto RL. 2021. Management of Home Garden in Formal and Informal Settlement Along Riparian Ciliwung River in Bogor. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 879: 012021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/694/1/012021>
- Kusumo P, Nursari E. 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. <http://dx.doi.org/10.30998/string.v1i1.966>
- Lasaiba M. 2023. Analisis Multikriteria Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) terhadap Bahaya dan Resiko Banjir di Kecamatan Sirimau Kota Ambon. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing* 4(2): 77-90. <https://doi.org/10.23960/jgrs.ft.unila.146>
- Latue T, Latue PC. 2023. Pemodelan Spasial Daerah Rawan Banjir di DAS Batu Merah Kota Ambon. *Buana Jurnal Geografi, Ekologi dan Kebencanaan* 1(1): 1-13. <https://doi.org/10.56211/buana.v1i1.341>
- Mosyaftiani A, Kaswanto RL, Arifin HS. 2018. Bio-Retaining Wall as an Adaptive Design of Constructed Riverbank into Sustainable Urban Riparian Landscape Management. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 179(1): 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/179/1/012015>
- Noviandi TUZ, Kaswanto RL, Arifin HS. 2017. Riparian Landscape Management in the Midstream of Ciliwung River as Supporting Water Sensitive Cities Program with Priority of Productive Landscape. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 91(1): 012033. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/91/1/012033>
- Peraturan Daerah Kabupaten Bojonegoro Nomor 26 Tahun 2011 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bojonegoro Tahun 2011-2031.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 28/PRT/M/2015 tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Garis Sempadan Danau.
- Prastiyo YB, Kaswanto RL, Arifin HS. 2017. Analisis Ekologi Lanskap Agroforestri Pada Riparian Sungai Ciliwung di Kota Bogor. *Jurnal Lanskap Indonesia* 9(2): 81-90. <https://doi.org/10.29244/jli.v9i2.16964>
- Prastiyo YB, Kaswanto RL, Arifin HS. 2018. Plants Production of Agroforestry System in Ciliwung Riparian Landscape, Bogor Municipality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 179(1): 012013. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/179/1/012013>
- Prastiyo YB, Kaswanto RL, Arifin HS. 2020. Plants Diversity of Agroforestry System in Ciliwung Riparian Landscape, Bogor Municipality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 477(1): 012024. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/477/1/012024>
- Pratiwi HE, Prasetyo K. 2020. Analisis Tingkat Kerawanan Banjir di Kabupaten Lamongan. *Jurnal Swara Bhumi* 3(3): 1-9.
- Puspita ID, Fatimah IS, Gunawan A. 2017. Evaluasi Lanskap Situ-Front Sebagai Pengembangan Waterfront di Kawasan Cibinong Raya, Kabupaten Bogor. *Jurnal Lanskap Indonesia* 9(1): 13-23. <https://doi.org/10.29244/jli.v9i1.14812>
- Qisthina N, Kaswanto RL, Arifin HS. 2023. Analysis of Land Cover Change Impacts on Landscape Services Quality in Cisadane Watershed, Tangerang City. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1133(1):012051. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1133/1/012051>
- Rettob AM, Kaswanto RL, Yovi EY. 2025. Strategi Pengelolaan Agroforestri Dukung Berkelanjutan di DAS Wai Batu Gajah: Pendekatan Berbasis SWOT. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Journal of Watershed Management Research)* 9(1): 55-78. <https://doi.org/10.59465/jppdas.2025.9.1.55-78>
- Syaiful S, Aminda RS, Aminda A, dan Sandy AM. 2025. Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir dengan Sistem Informasi Geografis Pada DAS Sekitar Perumahan Bumi Kartika Dramaga, Bogor. *Jurnal Pengabdian Masyarakat UIKA Jaya SINKRON* 3(1): 1-13.
- Ujung AT, Nugraha AL, Firdaus H. S. 2019. Kajian Pemetaan Risiko Bencana Banjir Kota Semarang dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geodesi Undip* 8(4): 154-164. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2019.25154>