

Analisis Spasial Berbasis Sistem Informasi Geospasial dengan Teknik Skoring dalam Pemetaan Wilayah Rentan Banjir di Kabupaten Grobogan Provinsi Jawa Tengah

Dwi Jati Marta*

Sekretariat Daerah Kabupaten Bangka, Indonesia

*Penulis Korepondensi: dwijati73@gmail.com

Abstract. Grobogan Regency is one of the regions prone to flooding due to its geographical conditions as a lowland area, high rainfall, land-use change, and suboptimal drainage systems, which have caused significant social, economic, and environmental losses. This study aims to develop flood vulnerability mapping in Grobogan Regency through the integration of Geographic Information Systems (GIS) and scoring techniques using parameters such as topography, rainfall, land use, soil type, and river buffers to provide more comprehensive disaster mitigation recommendations. A descriptive quantitative method was employed by integrating GIS through overlay, scoring, and weighting techniques applied to parameters including topography, soil type, land cover, river buffers, and rainfall to generate a flood vulnerability map for Grobogan Regency. The results indicate that the GIS method with overlay and scoring techniques is effective in identifying flood vulnerability levels, with 31% of the study area categorized as highly vulnerable, 55% as vulnerable, and only 14% as safe, thereby serving as a basis for spatial planning and disaster mitigation in Grobogan Regency. The study highlights that flood vulnerability in the area is a result of complex interactions between topography, soil type, land use, and river infrastructure conditions, proving that GIS with overlay and scoring techniques is effective as a reference for prioritizing mitigation. Future studies should include field verification, harmonization of spatial projection systems from the outset, and stronger theoretical foundations for each parameter to produce more comprehensive and applicable mapping results in supporting flood disaster management strategies.

Keywords: Disasters; Floods; Geographic Information Systems; Maps; Spatial

Abstrak. Kabupaten Grobogan merupakan salah satu wilayah yang rawan terhadap bencana banjir akibat kondisi geografis berupa dataran rendah, curah hujan tinggi, alih fungsi lahan serta sistem drainase yang belum optimal sehingga menimbulkan kerugian sosial, ekonomi, dan lingkungan yang signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan pemetaan kerawanan banjir di Kabupaten Grobogan melalui integrasi Sistem Informasi Geografis (SIG) dan teknik skoring dengan parameter topografi, curah hujan, penggunaan lahan, jenis tanah, dan *buffer* sungai guna memberikan rekomendasi mitigasi bencana yang lebih komprehensif. Metode deskriptif kuantitatif yang digunakan dalam penelitian dengan integrasi Sistem Informasi Geografis (SIG) melalui teknik *overlay*, *scoring*, dan pembobotan terhadap parameter topografi, jenis tanah, tutupan lahan, *buffer* sungai, serta curah hujan untuk menghasilkan peta kerawanan banjir di Kabupaten Grobogan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode SIG dengan teknik *overlay* dan skoring efektif mengidentifikasi tingkat kerawanan banjir, di mana 31% wilayah penelitian masuk kategori sangat rawan, 55% rawan, dan hanya 14% yang tergolong aman, sehingga dapat menjadi dasar perencanaan tata ruang dan mitigasi bencana di Kabupaten Grobogan. Penelitian ini menegaskan bahwa kerawanan banjir di wilayah studi merupakan hasil interaksi kompleks antara faktor topografi, jenis tanah, penggunaan lahan, serta kondisi infrastruktur sungai, sehingga SIG dengan teknik *overlay* dan skoring terbukti efektif sebagai acuan prioritas mitigasi. Ke depan, penelitian serupa perlu menyertakan verifikasi lapangan, penyamaan sistem proyeksi spasial sejak awal, serta penguatan dasar teoretis pada setiap parameter agar hasil pemetaan lebih komprehensif dan aplikatif dalam mendukung strategi penanggulangan banjir.

Kata kunci: Banjir; Bencana; Peta; Sistem Informasi Geografis; Spasial

1. LATAR BELAKANG

Indonesia adalah salah satu negara yang sangat rentan terhadap berbagai bencana hidrometeorologi termasuk banjir, kekeringan, hingga gelombang tinggi yang terjadi secara berulang setiap musim hujan. Variasi morfologi dan relief Indonesia, serta sistem sungai dengan banyak cabang dan anak sungai, memperparah dampak curah hujan yang tinggi di wilayah barat negara ini (Devi et al., 2025). Densitas penduduk yang tinggi dan urbanisasi yang pesat juga dikenal mempertinggi risiko banjir melalui penurunan lahan resapan (Sigit et al., 2023). Melihat kondisi tersebut, tantangan utama bukan hanya terletak pada faktor alamiah semata, melainkan juga pada pola pembangunan dan tata ruang yang kurang memperhatikan daya dukung lingkungan. Urbanisasi yang tidak terkendali seringkali mengabaikan prinsip mitigasi bencana, sehingga kawasan rawan justru berkembang menjadi permukiman padat. Hal ini menjadikan bencana hidrometeorologi bukan lagi sekadar fenomena alam, tetapi juga konsekuensi dari pilihan sosial, ekonomi, dan politik dalam mengelola ruang. Oleh karena itu, strategi pengurangan risiko bencana harus diarahkan tidak hanya pada peningkatan infrastruktur fisik, tetapi juga pada perubahan paradigma pembangunan yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

Menurut definisi umum, banjir terjadi ketika air menggenang di daratan luas akibat luapan sungai atau drainase yang tidak memadai (Wiraatmaja et al., 2024). Sistem drainase berfungsi sebagai infrastruktur penting untuk mengalihkan kelebihan debit air selama periode hujan intens (Rifandi et al, 2024). Bencana banjir merupakan salah satu bencana alam paling sering terjadi di Indonesia dan menimbulkan dampak signifikan terhadap aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan. Data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menunjukkan bahwa banjir menyumbang lebih dari 30% kejadian bencana di Indonesia setiap tahunnya (Iswenda, 2024). Dampak yang ditimbulkan tidak hanya berupa kerusakan infrastruktur, lahan pertanian, dan kehilangan mata pencaharian, tetapi juga mengancam keselamatan jiwa masyarakat. Oleh karena itu, upaya mitigasi berbasis data spasial dan analisis kerentanan wilayah menjadi semakin penting dalam perencanaan pembangunan daerah.

Secara topografi wilayah Kabupaten Grobogan merupakan daerah wilayah dataran rendah berupa cekungan yang berada di antara gunung kapur utara dan gunung kendeng selatan, dan Kabupaten Grobogan juga adalah daerah yang selalu terdampak bencana banjir di setiap tahunnya, dan dampak dari bencana banjir di Grobogan sendiri tidak separah dengan wilayah kota besar lainnya seperti pada, Kota Bandung, Surabaya dan DKI Jakarta, namun kondisi pada daerah Kabupaten Grobogan bisa sangat parah jika saat musim penghujan datang contohnya pada April 2024, saat banjir menenggelamkan ribuan rumah, fasilitas pendidikan

rusak, dan ratusan hektare sawah tergenang, serta tanggul jebol menyebabkan kerusakan parah (Nugroho & Purba, 2023).

Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah, merupakan salah satu wilayah yang rawan terhadap bencana banjir. Kondisi geografis yang didominasi oleh daerah dataran rendah, keberadaan sungai besar seperti Sungai Lusi dan Sungai Serang, serta curah hujan musiman yang tinggi menjadikan wilayah ini sangat rentan terhadap genangan. Selain itu, alih fungsi lahan, degradasi daerah resapan air, serta sistem drainase yang belum optimal memperparah potensi terjadinya banjir. Dalam beberapa tahun terakhir, banjir di Grobogan telah menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan, terutama pada sektor pertanian yang menjadi tulang punggung perekonomian masyarakat.

Berbagai penelitian tentang banjir di Indonesia telah dilakukan dengan pendekatan spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Pendekatan serupa telah berhasil diterapkan di Wonogiri dan Semarang, menghasilkan peta tingkat kerentanan banjir berdasarkan skor lingkungan dan pengelompokan spasial (Wiraatmaja et al., 2024; Romadhon & Aziz, 2023). Metode ini efektif dalam memetakan daerah rawan banjir dengan mengintegrasikan berbagai parameter, seperti topografi, curah hujan, penggunaan lahan dan jaringan sungai. Namun, penelitian mengenai banjir di Kabupaten Grobogan masih relatif terbatas, terutama yang mengombinasikan analisis spasial berbasis sistem informasi geospasial dengan teknik *skoring* sebagai pendekatan kuantitatif untuk menentukan tingkat kerawanan. Penelitian sebelumnya umumnya hanya fokus pada aspek hidrologi atau curah hujan, tanpa mengintegrasikan faktor fisik, sosial, dan lingkungan secara komprehensif.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan pemetaan kerawanan banjir di Kabupaten Grobogan melalui integrasi SIG dan teknik *skoring*. Pendekatan ini memungkinkan pengolahan data spasial secara sistematis serta penilaian kuantitatif terhadap parameter yang mempengaruhi potensi banjir. Selain itu, penelitian ini bertujuan menerapkan metode *overlay* berbasis SIG menggunakan parameter seperti kemiringan, elevasi, penggunaan lahan, jenis tanah, dan *buffer* sungai untuk membuat peta kerawanan banjir di Kabupaten Grobogan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi akademik dalam kajian mitigasi bencana berbasis spasial sekaligus memberikan rekomendasi praktis bagi pemerintah daerah dalam menyusun kebijakan penanggulangan bencana banjir.

Seyogyanya telah berjalan banyak kegiatan pengendalian banjir di wilayah Kabupaten Grobogan dan sekitarnya telah direncanakan dan sejumlah besar dana telah dialokasikan untuk proyek tersebut karena dilalui oleh banyak sungai besar dan anak-anak sungai kecil lainnya, serta banyak sungai yang bercabang. Maka permasalahan banjir di Kabupaten Grobogan

nampaknya tidak bisa dilepaskan dari kondisi geografis kota tersebut. Hal serupa juga terjadi di beberapa kota terdekat lainnya, antara lain Semarang, Kudus, Pati dan Demak.

Karena intensitas curah hujan di Grobogan meningkat dan sangat tinggi juga tingginya debit air yang meluap dari beberapa sungai seperti Sungai Lusi sehingga membludak sampai ke pemukiman warga setidaknya sebanyak 6.746 rumah warga mengalami kerusakan berat, selain dari itu ada 65 fasilitas pendidikan terdampak, 4 tanggul dari sungai jebol dan daerah lahan pertanian seluas 5.352,5 hektare terendam oleh air dan gagal panen, bencana banjir ini merendam dengan Tinggi Muka Air (TMA) bervariasi di antara 15 sampai 100 cm (Hasyim, 2024).

Pada penelitian pemetaan risiko rawan banjir bermaksud menggunakan teknik skoring dan pembobotan untuk melakukan pemetaan risiko banjir. Dengan demikian, teknik ini dapat digunakan untuk memetakan suatu wilayah dengan menggunakan software *ArcGIS* dan setelah menentukan kemungkinan terjadinya banjir di lokasi tersebut. Data spasial, disebut juga referensi terrestrial atau data kebumihan (georeferensi), diproses oleh sistem informasi geografis.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan gambaran yang sistematis mengenai fenomena yang diteliti melalui analisis data statistik dan geografis. Metode deskriptif kuantitatif berfungsi untuk mengidentifikasi, mengklasifikasikan, serta menginterpretasikan data secara objektif, sehingga dapat diperoleh pemahaman yang lebih mendalam terkait karakteristik wilayah penelitian. Selain itu, melalui pengolahan data spasial dan visualisasi menggunakan perangkat lunak geografis, hasil analisis dapat disajikan secara lebih akurat dan informatif. Dengan demikian, metode ini tidak hanya memungkinkan verifikasi terhadap hipotesis penelitian, tetapi juga mendukung pengambilan keputusan berbasis data yang relevan dalam konteks pengelolaan wilayah.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dibatasi pada 2 (dua) jenis sumber utama, yaitu data primer dan data sekunder. Keduanya digunakan secara komplementer untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai faktor-faktor penyebab banjir serta tingkat kerawanan banjir di Desa Gubug, Pranten dan Jatipecaron, Kabupaten Grobogan.

Data Primer

Data primer diperoleh secara langsung dari sumber lapangan maupun melalui aktivitas penelitian yang dilakukan secara mandiri oleh peneliti. Data tersebut meliputi data spasial yang mencakup topografi, jenis tanah, penggunaan lahan, serta karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS). Selain itu, dikumpulkan pula data kondisi fisik lingkungan berupa curah hujan dan sebaran fasilitas yang relevan dengan tingkat kerentanan bencana banjir. Untuk memperkuat landasan teoretis dan metodologis penelitian, dilakukan studi pustaka yang bersumber dari jurnal-jurnal akademik serta artikel daring yang relevan dengan topik penelitian. Dokumentasi juga dikumpulkan dalam bentuk pencatatan dan bukti visual guna mendukung analisis spasial maupun deskriptif.

Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari instansi resmi maupun sumber lain yang kredibel dan berfungsi untuk melengkapi serta memvalidasi temuan dari data primer. Sumber data sekunder dalam penelitian ini meliputi Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Grobogan, Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Grobogan, pemerintah Desa Gubug, Pranten, dan Jatipeccaron di Kecamatan Gubug, Geoportal BIG (Badan Informasi Geospasial), serta Indogeospasial. Dengan mengombinasikan data primer dan data sekunder tersebut, penelitian ini mampu menyajikan analisis yang lebih komprehensif, valid, dan mendalam terkait parameter penyebab banjir serta pemetaan tingkat kerawanan banjir di wilayah studi.

Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini sesuai pada pembahasan tentang Pemetaan Daerah Rawan Bencana Banjir Dengan Metode Skoring dan Pembobotan Menggunakan Software SIG (Sistem Informasi Geografis) Di Desa Gubug, Pranten, dan Jatipeccaron Kecamatan Gubug Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah. Berikut ini adalah definisi pembentuk variabel dan indikatornya. Variabel nonspasial mencakup frekuensi banjir, tingkat kerusakan, aliran sungai, program pemerintah, dan tutupan lahan. Variabel nonspasial ini selanjutnya dikelompokkan ke dalam empat variabel, yaitu W, X, Y, dan Z. Sementara itu, variabel spasial geografis meliputi topografi atau kemiringan lereng, jenis tanah, serta tutupan lahan.

Metode Overlay

Metode *Overlay* dalam Sistem Informasi Geografis (GIS), adalah sebuah analisis hampanan peta yang merupakan pendekatan analisis untuk digunakan memahami dan melakukan analisis ke ruangan dengan data geografis atau data spasial kemudian dengan memanfaatkan perangkat lunak *ArcGIS* untuk menggabungkan beberapa lapisan layer pemetaan dengan tema berbeda ke dalam satu lapisan peta hasil. Proses dari *overlay* sendiri

dilakukan dengan bertahap dan berurutan dari layer data parameter topografi atau kemiringan lereng, jenis tanah, *buffer* sungai, tutupan lahan (Dhaniarti et al., 2021) dan curah hujan dengan mengolah data tersebut memberikan *skor* dan bobot dalam proses *overlay* untuk kemudian hasil *overlay* dilakukan visualisasi dan penambahan keterangan agar menjadi peta jadi.

Teknik Skoring dan Pembobotan

Teknik skoring ini diberikan pada setiap parameter berdasarkan pada pengaruh kelas terhadap terjadinya bencana banjir, dalam penelitian ini penting untuk melakukan pengharkatan (*scoring*) agar terbentuk skala prioritas pada karakteristik atau kelas di setiap parameter (Purnomo et al., 2018). Pada *scoring* ini juga untuk mengevaluasi pada tiap parameter agar untuk mengetahui sebuah potensi pada setiap parameter peta yang digunakan.

Tabel 1. Skor Klasifikasi Kemiringan Lereng

No	Kelas	Skor
1	Datar (0%-3%)	90
2	Berombak (3%-8%)	75
3	Bergelombang (8%-15%)	40
4	Berbukit Kecil (15%-30%)	20
5	Berbukit (30%-45%)	1
6	Berbukit Curam/ Terjal (>45%)	0

Sumber: Purnomo et, al (2018)

Tabel 2. Skor Klasifikasi Jenis Tanah

No	Jenis Tanah	Skor
1	Aluvial	90
2	Regosol	75
3	Latosol	30
4	Kambisol	30
5	Andosol Coklat	15

Sumber: Purnomo et, al (2018)

Tabel 3. Skor Klasifikasi Tutupan Lahan

No	Tutupan Lahan	Skor
1	Sawah, tanah terbuka	90
2	Pertanian Lahan Kering, Permukiman	70
3	Semak, belukar, alang-alang	50
4	Perkebunan	30
5	Hutan	10

Sumber: Purnomo et, al (2018)

Tabel 4. Skor Klasifikasi *Buffer* Sungai

No	Kelas	Jarak <i>Buffer</i>	Skor
1	Sangat Rawan	0 (nol) – 25 m	70
2	Rawan	> 25 m – 100 m	50
3	Agak Rawan	> 100 m – 250 m	30

Sumber: Purnomo et, al (2018)

Tabel 5. Skor Klasifikasi *Buffer* Sungai

Jenis Data CH	No	Kelas	Skor
Harian	1	> 160 mm	90
	2	141mm – 160mm	80
	3	121mm – 140mm	70
	4	101mm – 120mm	60
	5	81mm – 100mm	50
	6	61mm – 80mm	40
	7	41mm – 60mm	30
	8	20mm – 40mm	20
	9	< 20mm	10

Sumber: Purnomo et, al (2018)

Pembobotan adalah metode yang dilakukan di penelitian ini yaitu dengan memberi nilai pada setiap parameter atau kriteria (kemiringan elevasi lereng, *buffer* sungai, tutupan lahan, jenis tanah, dan curah hujan), dengan cara menentukan nilai dari sebuah potensi parameter terhadap terjadinya banjir, dan juga didasarkan pada besar pengaruh setiap parameter peta terhadap terjadinya bencana banjir.

Tabel 6. Bobot Parameter Kerawanan Banjir

No	Tutupan Lahan	Skor
1	Parameter	Bobot
2	Curah Hujan	0.25
3	Kemiringan Lahan	0.25
4	<i>Buffer</i> sungai	0.25
5	Jenis Tanah	0.10

Sumber: Purnomo et, al (2018)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berfokus pada upaya pemetaan faktor-faktor utama yang memengaruhi terjadinya banjir di Kota Grobogan, khususnya di Desa Gubug, Pranten, dan Jatipecaron. Banjir bukanlah peristiwa yang muncul secara tiba-tiba, melainkan hasil interaksi kompleks antara kondisi fisik wilayah dan aktivitas manusia. Oleh karena itu, penelitian ini menelaah sejumlah parameter kunci yang diyakini berkontribusi signifikan terhadap tingkat kerawanan banjir, yakni kemiringan lereng, jenis tanah, *buffer* sungai, tutupan lahan, dan curah hujan.

Dengan melakukan analisis *overlay*, seluruh parameter tersebut dipadukan untuk menghasilkan peta kerawanan banjir yang lebih komprehensif. Peta ini tidak hanya berfungsi sebagai gambaran spasial mengenai wilayah yang rawan terdampak, tetapi juga menjadi instrumen penting dalam mendukung perencanaan tata ruang, mitigasi bencana, dan kebijakan pembangunan daerah yang berkelanjutan. Melalui pendekatan ini, penelitian berupaya menunjukkan bahwa pengelolaan risiko banjir tidak dapat dilepaskan dari pemahaman

mendalam terhadap faktor biofisik lingkungan serta dinamika pemanfaatan ruang oleh masyarakat.

Hasil Klasifikasi Kemiringan Lereng

Klasifikasi kemiringan lereng pada wilayah penelitian disajikan pada Tabel 7. Berdasarkan data tersebut, diketahui bahwa wilayah Desa Gubug, Pranten dan Jatipecaron memiliki variasi topografi mulai dari kategori datar (0-3%), berombak (3-8%), bergelombang (8-15%), hingga berbukit (15-30%). Keragaman bentuk lahan ini secara langsung memengaruhi tingkat kerentanan wilayah terhadap bencana banjir.

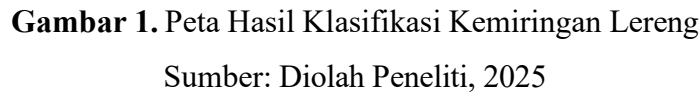
Tabel 7. Nilai Klasifikasi Kemiringan Lereng

No	Kemiringan (%)	Deskripsi	Bobot	Skor	Nilai
1	0-3	Datar	0,25	90	22,5
2	3-8	Berombak	0,25	75	18,75
3	8-15	Bergelombang	0,25	40	10
4	15-30	Berbukit Kecil	0,25	20	5

Sumber: Hasil Analisis Kemiringan Lereng diolah Peneliti, 2025

Daerah dengan kemiringan rendah, khususnya kategori datar dan berombak yang mendominasi bagian timur ketiga kelurahan, memiliki risiko tinggi terhadap genangan air. Hal ini dikarenakan permukaan tanah yang relatif landai cenderung menjadi tempat akumulasi air hujan ketika intensitas curah hujan meningkat. Sebaliknya, wilayah dengan kemiringan lebih curam (15-30%) relatif lebih aman dari potensi banjir permukaan, meskipun keberadaan cekungan antar-dataran serta lokasi di sekitar aliran sungai tetap menghadirkan kerentanan akibat potensi limpasan air sungai yang melebihi kapasitasnya.

Selain itu, sebagian wilayah lain menunjukkan topografi bergelombang dengan kemiringan 8–15%. Kondisi ini menempatkan daerah tersebut dalam kategori kerawanan sedang, di mana kemungkinan banjir dapat terjadi apabila terjadi kombinasi antara curah hujan ekstrem dan keterbatasan daya serap tanah. Secara keseluruhan, analisis kemiringan lereng ini menegaskan bahwa morfologi lahan memiliki peran penting dalam menentukan tingkat kerawanan banjir. Hasil klasifikasi ini kemudian divisualisasikan melalui peta kemiringan lereng pada Gambar 1, yang memberikan gambaran spasial lebih jelas mengenai distribusi tingkat kemiringan di lokasi penelitian.



Sumber: Diolah Peneliti, 2025

Berbeda halnya dengan bagian barat dan utara, terutama di Desa Pranten, yang didominasi oleh topografi bergelombang hingga curam (15-30%). Pada wilayah ini, air hujan lebih cepat mengalir ke bawah sehingga potensi banjir langsung relatif rendah. Namun, limpasan yang deras justru meningkatkan potensi erosi serta membawa material sedimen menuju dataran rendah, yang akhirnya memperburuk kondisi banjir di Gubug dan Jatipecaron. Sementara itu, zona kemiringan menengah (8–15%) berada di area transisi antara dataran rendah dan perbukitan. Wilayah ini umumnya berupa tegalan dan semak belukar. Apabila penutup vegetasi di kawasan ini berkurang, maka aliran permukaan dapat meningkat tajam sehingga memicu banjir lokal.

Secara keseluruhan, hasil klasifikasi kemiringan lereng memperlihatkan hubungan erat antara topografi dan kerentanan banjir. Daerah datar berfungsi sebagai zona akumulasi air, sedangkan daerah perbukitan berperan sebagai zona suplai limpasan. Dengan demikian, banjir yang kerap terjadi di Kecamatan Gubug, khususnya di Desa Gubug dan Jatipecaron, tidak hanya disebabkan oleh intensitas hujan, tetapi juga oleh interaksi antara karakteristik topografi dan aliran permukaan dari wilayah sekitar.

Jika dibandingkan secara langsung, Kambisol dan Aluvial memiliki karakteristik yang saling bertolak belakang dalam memengaruhi kerentanan banjir. Tanah Kambisol dengan tekstur lempung memang menyimpan unsur hara yang relatif lebih subur, tetapi sifatnya yang cepat jenuh air membuat kapasitas infiltrasi rendah. Akibatnya, ketika hujan deras turun, limpasan permukaan cenderung meningkat dan memicu genangan, terutama di wilayah tanpa sistem drainase yang baik. Sebaliknya, tanah Aluvial yang berasal dari endapan sungai memiliki tekstur lebih ringan dan berpasir, sehingga daya serap airnya lebih tinggi dan mampu memperlancar aliran permukaan. Kondisi ini menjadikan daerah Aluvial relatif lebih baik dalam mengurangi genangan dibandingkan Kambisol. Namun, kelemahan utama tanah Aluvial adalah lokasinya yang umumnya berdekatan dengan aliran sungai. Ketika debit sungai meningkat akibat curah hujan tinggi, wilayah Aluvial justru lebih rentan terdampak luapan banjir. Dengan demikian, Kambisol lebih berisiko terhadap genangan lokal akibat drainase buruk, sementara Aluvial lebih rentan terhadap banjir luapan sungai. Perbandingan ini menegaskan bahwa strategi mitigasi banjir harus disesuaikan dengan karakteristik dominan jenis tanah di tiap wilayah.

Hasil Klasifikasi Buffer Sungai

Hasil klasifikasi *buffer* sungai memperlihatkan bahwa jarak suatu wilayah terhadap aliran sungai memiliki pengaruh langsung terhadap tingkat kerawanan banjir. Berdasarkan Tabel 9, terdapat empat kategori utama. Wilayah dengan jarak 0-25 meter dari sungai dikategorikan sangat rawan karena memiliki kemungkinan paling tinggi terdampak luapan atau banjir akibat debit sungai yang meningkat. Sementara itu, jarak 25-100 meter masuk kategori rawan, dan jarak 100-250 meter masuk kategori cukup rawan. Adapun wilayah yang berada lebih dari 500 meter dari sungai relatif aman atau tidak rawan terhadap potensi banjir.

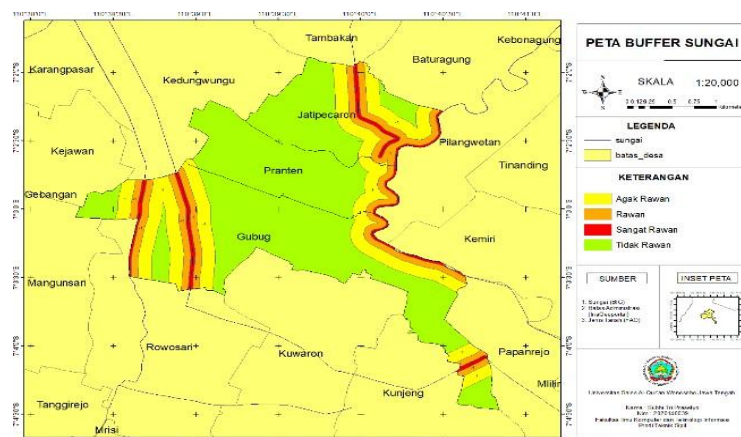
Tabel 9. Nilai Klasifikasi *Buffer* Sungai

No	Jarak (m)	Bobot	Skor	Nilai	Deskripsi
1	0-25	0,15	70	10,5	Sangat Rawan
2	25-100	0,15	50	7,5	Rawan
3	100-250	0,15	30	0,15	Cukup Rawan
4	>500	0,15	0	0	Tidak Rawan

Sumber: Hasil Analisis *Buffer* Sungai diolah Peneliti, 2025

Klasifikasi ini menegaskan bahwa semakin dekat suatu wilayah dengan badan sungai, semakin tinggi pula tingkat risikonya. Hal ini dapat dijelaskan secara logis karena sungai berperan sebagai jalur utama aliran air, sehingga daerah sekitarnya rentan terhadap erosi, limpasan, maupun luapan ketika kapasitas sungai tidak mampu menampung debit air.

Informasi dari pemetaan *buffer* sungai ini sangat penting dalam perencanaan tata ruang dan pengelolaan kawasan riparian. Dengan mengetahui zona rawan, pemerintah daerah dapat menentukan strategi mitigasi yang lebih tepat, seperti menjaga vegetasi alami di sempadan sungai, membatasi pembangunan di zona sangat rawan, serta memperkuat infrastruktur drainase di wilayah rawan banjir. Distribusi spasial tingkat kerawanan *buffer* sungai divisualisasikan melalui peta hasil klasifikasi *buffer* sungai (Gambar 3), yang memberikan gambaran lebih jelas mengenai tingkat kerentanan banjir berdasarkan kedekatan jarak dengan sungai.



Gambar 3. Peta Hasil Klasifikasi *Buffer* Sungai

Sumber: Diolah Peneliti, 2025

Jika diperhatikan pada Gambar 3, perbedaan tingkat kerawanan banjir terlihat sangat kontras secara visual. Zona sangat rawan (0-25 meter) digambarkan dengan warna merah pekat, menunjukkan wilayah yang berada tepat di sempadan sungai dan paling rentan terhadap luapan air. Zona ini seolah menjadi “garis depan” yang setiap saat berhadapan langsung dengan ancaman banjir. Beranjak sedikit lebih jauh, pada radius 25-100 meter (zona rawan), peta menampilkannya dalam warna jingga atau oranye. Warna ini memberi sinyal peringatan bahwa meskipun risiko relatif lebih rendah dibandingkan zona merah, potensi dampak banjir tetap besar, terutama ketika terjadi hujan ekstrem dengan debit sungai yang tinggi.

Selanjutnya, area pada jarak 100-250 meter (cukup rawan) terlihat dengan warna kuning, yang memberi kesan lebih aman tetapi tetap menandakan adanya risiko genangan pada kondisi tertentu. Perbedaan warna ini sekaligus menegaskan bahwa meskipun tidak berada tepat di tepi sungai, kawasan ini masih masuk kategori zona bahaya menengah. Adapun wilayah yang berada lebih dari 500 meter dari aliran sungai divisualisasikan dengan warna hijau. Zona hijau menandakan kondisi aman atau tidak rawan, yang kontras dengan zona merah di tepi sungai. Perbandingan visual ini memperlihatkan bagaimana gradasi warna dari merah

ke hijau secara langsung mencerminkan tingkat kerawanan yang menurun seiring dengan bertambahnya jarak dari badan sungai.

Dengan demikian, peta *buffer* sungai tidak hanya menyajikan data spasial, tetapi juga membangun narasi visual mengenai tingkat bahaya banjir. Kontras warna antara merah (sangat rawan) dan hijau (tidak rawan) dapat dengan mudah dipahami oleh masyarakat maupun pengambil kebijakan, sehingga menjadi dasar yang kuat dalam pengambilan keputusan terkait penataan ruang, pembangunan infrastruktur, dan strategi mitigasi banjir di Kabupaten/Kota yang diteliti.

Hasil Klasifikasi Penggunaan Lahan

Tabel 10. Nilai Klasifikasi Penggunaan Lahan

No	Tipe Penggunaan Lahan	Bobot	Skor	Nilai
1	Ladang	0,15	70	10,5
2	Permukiman	0,15	70	10,5
3	Sawah	0,15	90	13,5
4	Semak Belukar	0,15	50	7,5

Sumber: Hasil Analisis Penggunaan Lahan diolah Peneliti, 2025

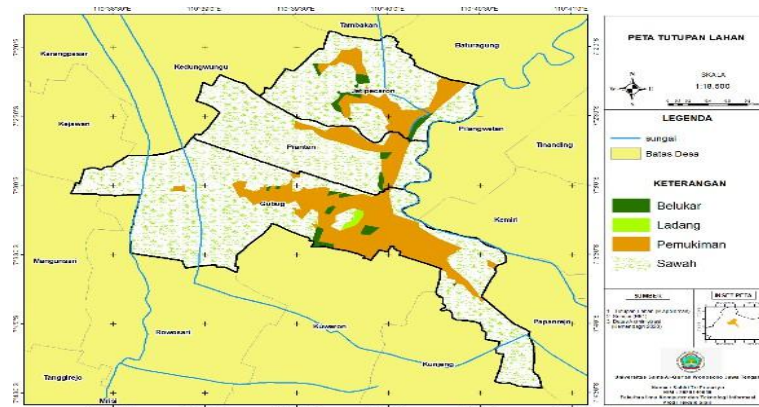
Hasil klasifikasi pada Tabel 10 menunjukkan bahwa wilayah penelitian memiliki empat tipe penggunaan lahan utama, yaitu ladang, permukiman, sawah dan semak belukar. Dari analisis spasial berbasis citra satelit Landsat dan pengolahan *ArcGIS*, terlihat bahwa permukiman dan sawah merupakan dua kategori dominan di Desa Gubug, Pranten dan Jatipecaron. Pola pemanfaatan ruang ini memiliki implikasi langsung terhadap tingkat kerawanan banjir. Permukiman, dengan semakin luasnya pembangunan, cenderung mengurangi kapasitas resapan tanah karena area tertutup bangunan dan perkerasan. Akibatnya, air hujan sulit meresap ke dalam tanah dan berpotensi menimbulkan genangan atau limpasan permukaan. Lahan sawah, meskipun berfungsi sebagai daerah resapan musiman, seringkali tergenang ketika curah hujan tinggi dan sistem irigasi tidak mampu mengatur aliran air. Hal ini berdampak serius pada produktivitas pertanian dan menimbulkan kerugian ekonomi bagi petani.

Sementara itu, ladang dan semak belukar memiliki peran berbeda. Lahan ladang, karena sering digunakan secara intensif, tetap berisiko menghasilkan limpasan permukaan tinggi terutama jika ditanami komoditas dengan daya resapan rendah. Namun, risikonya masih lebih kecil dibandingkan permukiman. Sebaliknya, semak belukar sebenarnya dapat berfungsi sebagai daerah penyangga resapan alami. Sayangnya, luasannya relatif kecil sehingga kontribusinya terhadap pengurangan banjir belum signifikan.

Dari analisis perbandingan ini, dapat disimpulkan bahwa:

- Permukiman → Risiko sosial paling tinggi, karena banjir dapat langsung mengganggu aktivitas masyarakat, merusak infrastruktur, dan menimbulkan kerugian besar.
- Sawah → Risiko ekonomi paling besar, karena genangan banjir dapat menghancurkan hasil pertanian dan mengurangi pendapatan petani.
- Ladang → Risiko lingkungan sedang, terkait dengan degradasi lahan akibat pemanfaatan intensif.
- Semak Belukar → Risiko rendah, tetapi berperan penting sebagai resapan alami, sehingga sebaiknya dipertahankan atau diperluas.

Dengan demikian, distribusi penggunaan lahan tidak hanya memengaruhi karakteristik fisik wilayah, tetapi juga menentukan dimensi kerentanan banjir: sosial, ekonomi, maupun ekologis. Hasil analisis ini kemudian divisualisasikan dalam peta klasifikasi penggunaan lahan (Gambar 4), yang memperlihatkan distribusi spasial penggunaan lahan di wilayah penelitian.



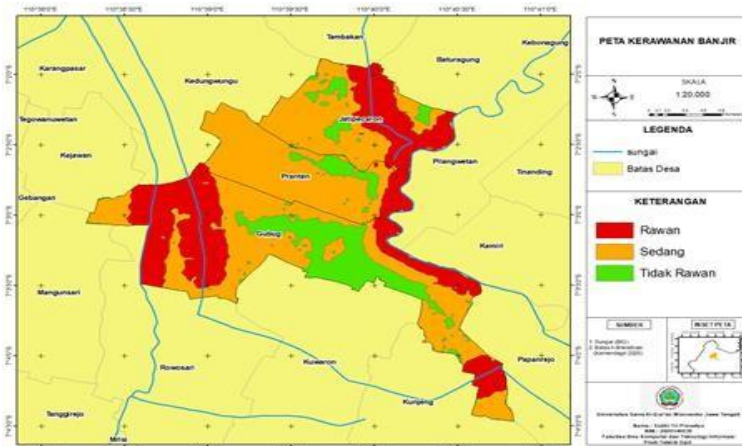
Gambar 4. Peta Hasil Klasifikasi Penggunaan Lahan

Sumber: Diolah Peneliti, 2025

Hasil Pemetaan Daerah Kerentanan Banjir Overlay dari Semua Parameter

Identifikasi daerah rawan banjir di Desa Gubug, Pranten, dan Jatipecaron dilakukan melalui integrasi sejumlah parameter spasial, yaitu kemiringan lereng, curah hujan, penggunaan lahan, *buffer* sungai, dan jenis tanah. Seluruh parameter tersebut memiliki kontribusi signifikan dalam memengaruhi tingkat kerentanan banjir, sehingga analisis dilakukan dengan metode *overlay* untuk memperoleh gambaran spasial yang lebih komprehensif. Proses ini memungkinkan teridentifikasinya wilayah dengan tingkat risiko berbeda, yang kemudian diklasifikasikan menjadi tiga kategori: sangat rawan, rawan dan tidak rawan. Klasifikasi dilakukan menggunakan metode *natural breaks* untuk memisahkan data berdasarkan pola distribusi alami, sehingga batasan kategori lebih representatif terhadap kondisi di lapangan.

Hasil pemetaan menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah penelitian tergolong rawan hingga sangat rawan terhadap banjir. Pada peta kerawanan (Gambar 5), area dengan kategori sangat rawan ditunjukkan dengan warna merah hingga jingga, yang umumnya berasosiasi dengan wilayah sepanjang aliran sungai utama. Kondisi ini sejalan dengan faktor dominan penyebab banjir di Kabupaten Grobogan, yaitu luapan sungai yang melampaui kapasitas tanggul. Sebaliknya, area dengan warna hijau merepresentasikan kategori tidak rawan, yang terutama terdapat pada dataran lebih tinggi di sebagian wilayah pemukiman. Keberadaan topografi berbukit pada bagian timur penelitian menjadi faktor utama yang menurunkan tingkat kerawanan pada area tersebut.



Gambar 5. Peta Daerah Rawan Banjir

Sumber: Diolah Peneliti, 2025

Secara kuantitatif, distribusi luas wilayah rawan banjir ditunjukkan pada Tabel 11. Luas area tidak rawan mencapai 119 hektar (14%), rawan seluas 457 hektar (55%), sedangkan sangat rawan mencakup 254,9 hektar (31%). Dengan demikian, lebih dari dua pertiga wilayah penelitian berpotensi terdampak banjir dengan tingkat kerentanan sedang hingga tinggi. Hasil ini menegaskan bahwa kondisi geomorfologi, penggunaan lahan yang didominasi sawah, serta keberadaan aliran sungai yang melintasi permukiman, berkontribusi besar terhadap tingginya risiko banjir.

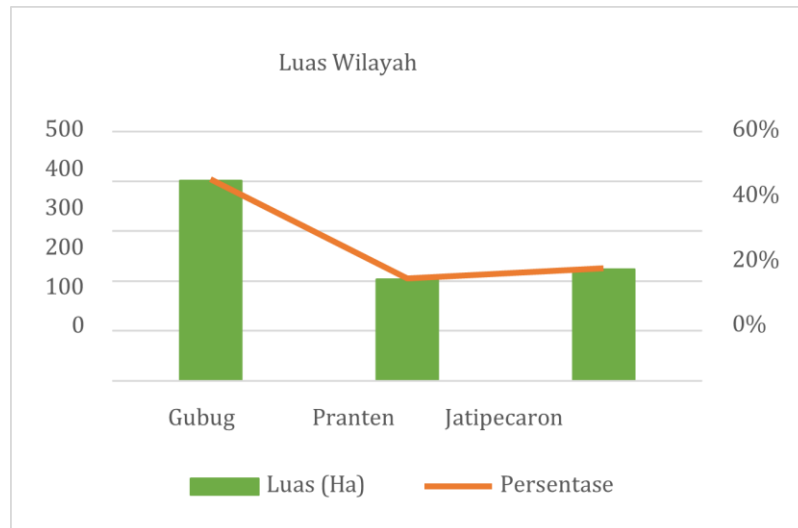
Tabel 11. Nilai Luas Daerah Rawan Banjir

No	Kawasan	Luas (Ha)
1	Tidak Rawan	119
2	Rawan/Sedang	457
3	Sangat Rawan	254,9

Sumber: Hasil Analisis Luas Daerah Rawan Banjir diolah Peneliti, 2025

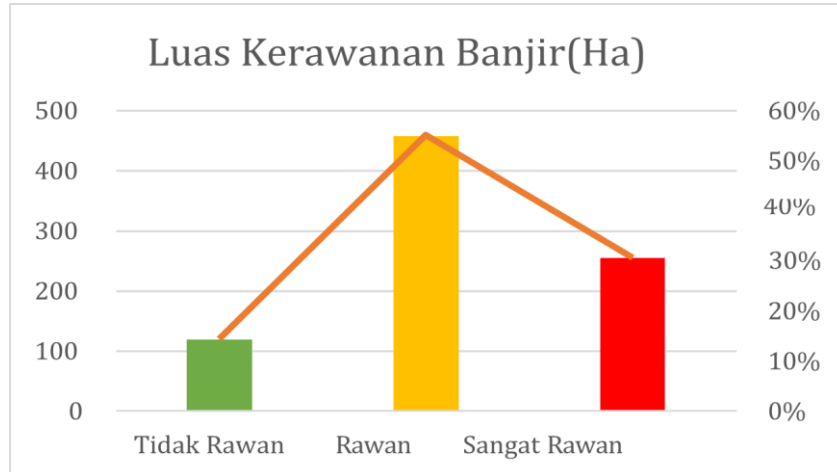
Lebih lanjut, distribusi spasial luas wilayah ketiga Desa menunjukkan bahwa Desa Gubug memiliki cakupan area terbesar, yaitu 402 hektar (48% dari total penelitian), disusul

Pranten 304 hektar (25%), dan Jatipecaron 224 hektar (27%) (Grafik 1). Analisis distribusi kerawanan menunjukkan bahwa sebagian besar area pada ketiga Desa termasuk kategori rawan, yang mengindikasikan pentingnya langkah mitigasi pada skala lokal. Sebagian kecil area dengan kategori tidak rawan dapat dipertimbangkan sebagai zona aman untuk pengembangan permukiman maupun aktivitas sosial-ekonomi lainnya.



Gambar 6. Diagram Luas Wilayah Penelitian

Sumber: Diolah Peneliti, 2025



Gambar 7. Diagram Luas Daerah Rawan Banjir

Sumber: Diolah Peneliti, 2025

Berdasarkan hasil analisis spasial pada diagram cakupan kerawanan banjir (Grafik 2), luas wilayah terdampak di 3 (tiga) Desa yaitu Gubug, Pranten, dan Jatipecaron mencapai total 830 hektar. Dari jumlah tersebut, sekitar 119 hektar atau 14% dikategorikan sebagai area tidak rawan banjir. Wilayah ini relatif aman dan berpotensi dimanfaatkan sebagai lokasi pengembangan permukiman, fasilitas umum, maupun aktivitas ekonomi masyarakat dengan tingkat risiko yang rendah. Sementara itu, area seluas 457 hektar atau 55% masuk dalam

kategori rawan banjir. Proporsi ini menunjukkan bahwa lebih dari setengah luas wilayah yang diteliti memiliki kerentanan terhadap genangan, terutama pada musim penghujan ketika curah hujan meningkat. Kondisi tersebut menuntut adanya perhatian serius dari masyarakat maupun pemerintah daerah karena potensi kerusakan yang ditimbulkan dapat berdampak langsung pada aktivitas sosial-ekonomi.

Adapun sisanya, sekitar 254 hektar atau 31%, diklasifikasikan sebagai kawasan sangat rawan banjir. Area ini merupakan wilayah dengan tingkat ancaman paling tinggi, yang berpotensi mengalami kejadian banjir lebih sering dan dengan intensitas lebih besar. Temuan ini menegaskan pentingnya langkah mitigasi struktural maupun non-struktural, seperti pembangunan infrastruktur pengendali banjir, penataan tata ruang berbasis risiko, serta penguatan kapasitas masyarakat dalam menghadapi bencana. Dengan demikian, hasil analisis ini memberikan gambaran jelas mengenai prioritas kawasan yang perlu segera ditangani untuk mengurangi dampak banjir di ketiga Desa tersebut.

Dengan demikian, penelitian ini menegaskan bahwa kerentanan banjir di Desa Gubug, Pranten, dan Jatipeccaron merupakan hasil interaksi kompleks antara faktor topografi, jenis tanah, curah hujan, dan kondisi hidrologi sungai. Oleh karena itu, analisis parameter secara terpadu melalui pendekatan SIG berbasis *overlay* dan *natural breaks* terbukti efektif dalam memetakan tingkat kerawanan secara spasial. Temuan ini diharapkan dapat menjadi dasar perencanaan mitigasi bencana, pengelolaan tata ruang, serta strategi adaptasi lingkungan yang lebih tepat sasaran.

Pembahasan

Hasil pemetaan kerawanan banjir di Desa Gubug, Pranten dan Jatipeccaron memperlihatkan bahwa lebih dari dua pertiga wilayah penelitian termasuk kategori rawan hingga sangat rawan. Kondisi ini menunjukkan bahwa banjir di wilayah tersebut bukan semata akibat curah hujan ekstrem, melainkan hasil interaksi kompleks antara topografi datar, jenis tanah Kambisol yang memiliki infiltrasi rendah, serta dominasi penggunaan lahan berupa persawahan yang memperbesar akumulasi air permukaan. Temuan ini konsisten dengan teori hidrologi klasik yang menyatakan bahwa morfologi lahan, permeabilitas tanah, dan pemanfaatan ruang merupakan determinan utama dalam proses banjir (Ward & Robinson, 2000).

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, hasil ini sejalan dengan studi Prasetyo et al. (2018) di Kabupaten Kudus dan Riyadi et al. (2021) di Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo, yang menunjukkan bahwa daerah dengan lereng datar–landai dan tanah bertekstur lempung memiliki risiko genangan lebih tinggi dibandingkan area berbukit. Pada

konteks internasional, penelitian oleh Du et al. (2020) di Tiongkok serta Rahman et al. (2019) di Bangladesh juga menegaskan bahwa banjir lebih sering terjadi pada wilayah dataran rendah dekat sungai, terutama ketika aktivitas manusia mempersempit daerah resapan alami. Kesamaan ini memperlihatkan bahwa karakteristik biofisik dan penggunaan lahan memiliki pola pengaruh yang relatif seragam lintas kawasan tropis dengan intensitas hujan tinggi.

Lebih lanjut, distribusi spasial kerawanan banjir yang diperoleh melalui analisis *overlay* SIG dan metode *natural breaks* dalam penelitian ini memperkuat pendekatan kuantitatif yang telah banyak digunakan sebelumnya. Menurut Chapi et al. (2017), integrasi multi-parameter spasial dalam SIG mampu meningkatkan akurasi pemetaan risiko banjir dibandingkan analisis satu variabel. Dengan demikian, pendekatan ini layak diterapkan secara lebih luas pada wilayah lain di Indonesia yang memiliki kompleksitas biofisik serupa.

Dari sisi implikasi praktis, hasil penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi perencanaan tata ruang dan kebijakan mitigasi banjir di Kabupaten Grobogan. Pertama, area yang teridentifikasi sebagai sangat rawan (31% dari total wilayah) harus dijadikan prioritas dalam program penguatan infrastruktur pengendalian banjir, seperti peningkatan kapasitas tanggul dan normalisasi sungai. Kedua, wilayah dengan kategori rawan (55%) perlu diarahkan pada fungsi penggunaan lahan yang adaptif, misalnya sebagai ruang terbuka hijau, sistem drainase berkelanjutan (*sustainable drainage system*), atau zona pertanian tahan genangan. Ketiga, area tidak rawan (14%) dapat dikembangkan sebagai kawasan permukiman atau pusat ekonomi, namun tetap memperhatikan prinsip tata ruang berbasis mitigasi risiko bencana.

Selain itu, penelitian ini menegaskan urgensi kolaborasi antara pemerintah daerah, masyarakat, dan lembaga riset dalam merancang strategi adaptasi. Penguatan kapasitas masyarakat melalui edukasi banjir, pembangunan *early warning system*, serta penerapan teknologi konservasi air menjadi langkah penting dalam mengurangi kerugian sosial-ekonomi akibat banjir. Dengan demikian, temuan ini tidak hanya memperkaya literatur akademis mengenai kerentanan banjir di dataran rendah tropis, tetapi juga memberikan nilai strategis bagi implementasi kebijakan pembangunan berkelanjutan di tingkat lokal maupun regional.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian, di mana telah dilakukan analisis dan pemetaan daerah rawan banjir di Desa Gubug, Pranten dan Jatipecaron bahwa penerapan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan teknik *skoring* dengan metode *overlay* terbukti efektif dalam mengidentifikasi tingkat kerawanan banjir di wilayah penelitian. Integrasi berbagai parameter spasial menghasilkan peta kerawanan banjir yang tidak hanya bermanfaat untuk analisis risiko, tetapi juga menjadi landasan penting bagi perencanaan tata ruang, strategi mitigasi dan pengambilan keputusan terkait penanggulangan bencana. Melalui pendekatan ini, kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan juga dapat ditingkatkan. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah penelitian memiliki tingkat kerawanan yang cukup tinggi. Dari total luasan, sekitar 254,9 hektar atau 31% termasuk dalam kategori sangat rawan, 457 hektar atau 55% dalam kategori rawan, sedangkan hanya 119 hektar atau 14% yang termasuk kategori aman. Distribusi spasial tersebut memperlihatkan bahwa bagian timur wilayah penelitian relatif lebih aman karena kondisi topografinya berupa dataran berbukit yang memiliki elevasi lebih tinggi.

Faktor kemiringan lereng menjadi variabel dominan yang berkontribusi terhadap tingkat kerawanan banjir. Mayoritas wilayah penelitian memiliki kemiringan datar hingga landai (0–8%), yang menyebabkan akumulasi air hujan lebih mudah terjadi. Selain itu, kondisi tanah dengan infiltrasi tinggi serta dominasi penggunaan lahan berupa persawahan turut memperbesar potensi genangan. Kerentanan ini semakin diperparah oleh lemahnya sistem pengendalian sungai, seperti keberadaan tanggul yang tidak optimal dalam menahan debit air berlebih. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan bahwa banjir di wilayah tersebut merupakan hasil interaksi kompleks antara faktor topografi, jenis tanah, penggunaan lahan, serta kondisi infrastruktur sungai. Secara umum, penelitian ini dapat menjadi acuan dalam menentukan wilayah prioritas mitigasi dan perencanaan tata ruang yang lebih adaptif. Hasilnya diharapkan dapat membantu pemerintah daerah dalam menyusun strategi pengelolaan lingkungan yang lebih efektif, serta meminimalkan kerugian yang mungkin timbul akibat bencana banjir di masa mendatang.

Untuk meningkatkan kualitas penelitian di masa depan, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan. Pertama, penyamaan sistem proyeksi spasial harus dilakukan sejak awal agar analisis data dapat berjalan konsisten dan akurat. Kedua, karena pengumpulan data relevan memerlukan waktu yang cukup panjang, maka proses perizinan penelitian sebaiknya dilakukan lebih awal agar tidak menghambat tahapan analisis. Ketiga, hasil pemetaan spasial perlu diverifikasi di lapangan guna memastikan keakuratan interpretasi data, misalnya melalui

dokumentasi visual atau pengambilan foto kondisi aktual. Keempat, setiap parameter penelitian sebaiknya dilandasi dengan penjelasan teori yang jelas, baik mengenai aturan maupun metode yang digunakan, agar analisis tidak hanya bersifat teknis tetapi juga memiliki dasar akademis yang kuat. Dengan memperhatikan hal-hal tersebut, penelitian serupa diharapkan dapat menghasilkan *output* yang lebih komprehensif, valid, dan bermanfaat dalam mendukung upaya mitigasi bencana banjir di wilayah rawan.

DAFTAR REFERENSI

- Chapi, K., Pourghasemi, H. R., & Nampak, H. (2017). Flood susceptibility mapping using GIS and remote sensing techniques: A review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(5), 1–21. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5908-8>
- Devi, K., Reddy, C. C., Rahul, K., Khuntia, J. R., & Das, B. S. (2025). A holistic methodology for evaluating flood vulnerability, generating flood risk map and conducting detailed flood inundation assessment. *Scientific Reports*, 15, 28253. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-13025-z>
- Du, X., Li, Z., & Lei, C. (2020). Flood risk assessment in low-lying regions of the Yangtze River Delta. *Natural Hazards*, 102(2), 1231–1254.
- Hasyim, I. (2024). Banjir besar di Grobogan, ini penyebab dan luasan dampaknya. *Tempo.com*.
- Iswenda, B. A. (n.d.). Banjir jadi bencana alam yang paling sering terjadi di Indonesia. *GoodStats.id*.
- Nugroho, P. D. P., & Purba, D. O. (2024). Banjir Grobogan rendam 13.341 rumah, 4.352 hektar sawah, dan 80 fasilitas pendidikan. *Kompas.com*.
- Prasetyo, Y., Hartomo, K. D., & Paseleng, M. C. (2018). Spatial estimation of flood pattern and subsidence via DInSAR and GIS weighting in North Jakarta. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 123, 012009. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/123/1/012009>
- Purnomo, S., Mulki, G. Z., & Firdaus, H. (2018). Pemetaan rawan banjir di Kecamatan Pontianak Barat dan Pontianak Kota berbasis sistem informasi geografis (SIG). *Uniplan: Journal of Urban and Regional Planning*, 1–7.
- Rahman, S., Ahmed, F., & Islam, M. N. (2019). Urban flood management in coastal Bangladesh: Challenges and strategies for resilience. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 39, 101–108.
- Rifandi, A., Putra, M. S., Mahmudin, & Agusalm, M. (2024). Analisis tingkat kerawanan banjir di Kabupaten Wajo berbasis sistem informasi geografis (SIG). *Arus Jurnal Sains dan Teknologi (AJST)*, 2(1), 190-199. <http://dx.doi.org/10.57250/ajst.v2i1.426>
- Romadhon, M. R., & Aziz, A. (2022). Determination of flood susceptibility index using overlay-scoring data method based on Geographic Information System (GIS) in Semarang City, Central Java, Indonesia. *Agrihealth: Journal of Agri-Food, Nutrition and Public Health*, 3(2), 104–123. <https://doi.org/10.20961/agrihealth.v3i2.60451>

- Sigit, A., Koyama, M., & Harada, M. (2023). Flood risk assessment focusing on exposed social characteristics in Central Java, Indonesia. *Sustainability*, 15(24), 16856. <https://doi.org/10.3390/su152416856>
- Ward, R. C., & Robinson, M. (2000). *Principles of hydrology* (4th ed.). McGraw-Hill.
- Wiraatmaja, M. F., Kusumaningrum, L., Herdiansyah, G., & Mujiyo, M. (2024). Flood vulnerability assessment through overlay-scoring data method based on geographical information system (GIS) in Giriwoyo, Wonogiri, Indonesia. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 1314(1), 012109. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1314/1/012109>