

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana merupakan suatu rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan oleh faktor non alam, alam, dan disebabkan oleh faktor manusia mengakibatkan korban jiwa, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda dan dampak psikologis (Undang-undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, 2007) . Di Indonesia sering terjadi jenis bencana alam, seperti gempa bumi, letusan gunung api, tsunami, serta bencana *hidrometeorologi* seperti banjir dan kekeringan. Pada tahun 2025 menurut laporan Badan Nasional Penanggulangan Bencana per tanggal 2025, tercatat 2.998 kejadian bencana alam yang terjadi di Indonesia (Nurhanisah, 2026). Perubahan iklim dan aktivitas manusia, seperti deforestasi dan perbuahan tata guna lahan, menjadi risiko bencana hidrometeorologi. Dalam beberapa dekade terakhir banjir menjadi jenis bencana yang sering terjadi dan menimbulkan dampak sosial dan ekonomi yang signifikan, terutama di kawasan yang rentan terhadap kondisi hidrologis tinggi (BNBP, 2023).

Kerawanan merupakan kondisi atau karakteristik geologis, hidrologis, klimatologis, sosial, budaya, politik, ekonomi, dan teknologi pada suatu wilayah dalam jangka waktu tertentu yang dapat mengurangi kemampuan untuk menanggapi dampak buruk bahaya tertentu (Undang-undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, 2007). Berdasarkan definisi tersebut, kerawanan dapat diartikan sebagai tingkat kelemahan suatu wilayah terhadap potensi bencana yang dipengaruhi oleh berbagai faktor.

Bencana Hidrometeorologi merupakan bencana yang dipicu oleh faktor cuaca, iklim, atau dinamika atmosfer. Bencana tersebut akan meningkat apabila curah hujan tinggi, angin kencang, dan perubahan suhu ekstrim. Contoh bencana Hidrometeorologi seperti banjir, banjir bandang, angin

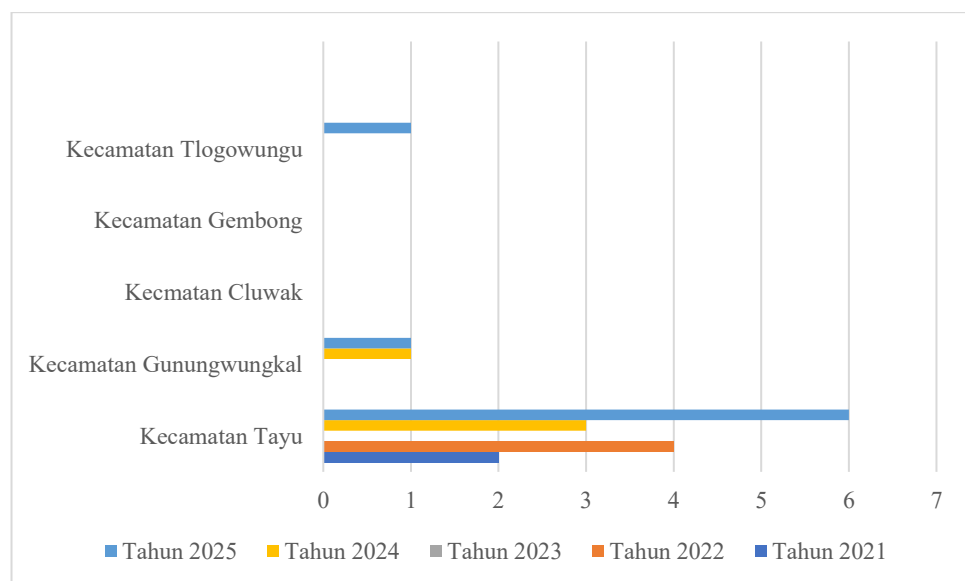
puting beliung, gelombang tinggi, rob di wilayah pesisir, dan kekeringan (Badan Teknologi Pertahanan, 2025).

Banjir terjadi ketika volume air melebihi kapasitas sistem drainase atau Daerah Aliran Sungai, menyebabkan air meluap ke permukaan tanah. Ancaman banjir meningkat akibat kombinasi faktor – faktor fisik lingkungan yang mempengaruhi kemungkinan terjadinya banjir. Curah hujan menjadi faktor utama dalam peningkatan debit air secara signifikan. Selain itu, kondisi topografi suatu wilayah memperbesar potensi luapan. Jenis tanah dengan daya infiltrasi rendah menyebabkan air sulit meningkat, kemudian perubahan tutupan lahan dari vegetasi alami menjadi Kawasan terbangun meningkatkan limpasan permukaan (Jumadi dkk., 2024). Faktor tersebut menunjukkan besar potensi bahaya banjir pada suatu wilayah.

Daerah yang sering terkena banjir yaitu DAS terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi banjir di Indonesia seperti curah hujan, rusaknya retensi DAS, kesalahann tata wilayah, kesalahan perencanaan pembangunan aliran sungai, dan pendangkalan sungai (Hermon, 2012). DAS secara umum didefinisikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh punggung – punggung bukit untuk menampung air hujan dan mengalirkan melalui sungai, saluran air, dan berakhir menuju muara sungai, laut, danau atau waduk. DAS Tayu termasuk dalam Sub-Daerah aliran sungai kawasan Muria yang mengalami kritis, salah satu penyebab kritisnya Das yaitu penambangan ilegal yang dilakukan sejak akhir 1990-an (Perdana, 2020).

DAS Tayu terletak dibagian utara Provinsi Jawa Tengah, membentang melewati wilayah administrasi Kecamatan Tayu, Kecamatan Cluwak, Kecamatan Tlogowungu, Kecamatan Gembong, dan Kecamatan Gunungwungkal. DAS Tayu memiliki peran dalam menampung dan mengalirkan limpasan air dari wilayah hulu (Pegunungan Kendeng / Gunung Muria) menuju wilayah hilir yang bermuara langsung ke Laut Jawa. DAS Tayu memiliki luas $\pm 81,9 \text{ km}^2$ (Pemprov Jateng, 2012) dengan perbedaaan kondisi topografi yang kontras, di kawasan hulu memiliki kemiringan lereng yang curam $25 - > 45 \%$, dan kawasan hilir didominasi

oleh dataran rendah dan landai 0 – 15 %. Karakteristik di hilir menjadikan wilayah tersebut rentan terhadap genangan air dengan durasi yang lama, terutama saat debit air Sungai Tayu meluap. Dalam empat tahun terakhir (2021-2025) banjir terjadi berulang kali melanda beberapa kecamatan di daerah Pantura, seperti Kecamatan Tayu, Kecamatan Cluwak, dan Kecamatan Gunungwungkal.



Gambar 1. 1 Kejadian Banjir di wilayah DAS Tayu tahun 2021 – 2025

Sumber : (BPS Kabupaten Pati, 2021 - 2025)

Berdasarkan Gambar 1.1, kejadian banjir di wilayah DAS Tayu tidak merata antar wilayah. Kecamatan Tayu memiliki frekuensi kejadian paling tinggi dan terjadi setiap tahunnya, sementara itu, Kecamatan Gunungwungkal mengalami kejadian banjir dalam jumlah sedikit, sedangkan Kecamatan Tlogowungu, Cluwak, dan Gembong menunjukkan kejadian banjir yang sangat rendah. Hal tersebut sejalan dengan peta bahaya banjir bandang dan potensi banjir dari inaRISK, yang menunjukkan di wilayah pesisir dan dataran rendah, khususnya Kecamatan Tayu dan Kecamatan Gunungwungkal, berada di bahaya banjir dan banjir bandang di kelas sedang hingga tinggi. Sebaliknya, wilayah dengan topografi lebih tinggi cenderung memiliki bahaya yang lebih rendah.

Fenomena banjir di DAS Tayu disebabkan oleh beberapa faktor, tingginya intensitas hujan menjadi faktor alam, dengan diperparah oleh faktor antropogenik. Peningkatan populasi, maraknya kegiatan penambangan ilegal, penembangan pohon secara ilegal pada hulu sungai memicu perubahan tata guna lahan yang drastis, mengurangi zona resapan air dan mempercepat laju limpasan permukaan. Di sisi lain, kondisi hilir sungai sering terjadi sedimentasi menyebabkan pendangkalan serta penutupan di mulut sungai (Hariadi dkk., 2017), di perparah dengan buruknya drainase sepanjang jalan Tayu – Gunungwungkal dan tekanan dari rob Laut Jawa (Kusuma, 2024). Kompleksitas interaksi antara faktor fisik dan faktor manusia menimbulkan urgensi yang tinggi untuk memetakan tingkat kerawanan banjir secara multi-kriteria untuk wilayah DAS Tayu.

Untuk mengatasi kompleksitas kerawanan banjir di DAS Tayu, diperlukan interaksi dinamis antara faktor fisik dan faktor antropogenik, melalui pendekatan pemetaan yang mengintegrasikan dan memberikan bobot pada setiap parameternya. Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan salah satu teknologi yang efisien dalam memproses, menganalisis, dan memvisualisasikan data spasial multifaktor secara akurat. Salah satu teknik yang digunakan dalam SIG adalah *weighted overlay*. *Weighted overlay* merupakan teknik analisis spasial dalam SIG untuk menggabungkan beberapa layer peta berdasarkan bobot kepentingan (Basyid & Kusumastuti, 2022).

Penggunaan metode *Weighted overlay* dipilih karena kemampuannya dalam mengintegrasikan beberapa faktor yang mempengaruhi banjir menjadi satu peta yang komprehensif, dan memiliki keunggulan meliputi kemampuan memecahkan masalah kompleks berbasis multi kriteria, efisiensi pengambil keputusan, dan fleksibilitas data. *Output* yang dihasilkan akan diklasifikasikan ke dalam beberapa kelas tingkat kerawanan, yaitu rendah, sedang, dan tinggi, berdasarkan metode yang dikemukakan oleh Saputra (2013, dalam Saputra dkk. 2020) sehingga memudahkan dalam distribusi tingkat kerawanan banjir di DAS Tayu.

Penerapan *weighted overlay* dalam analisis tingkat kerawanan banjir dilakukan oleh Seli dkk.(2025) di Jakarta Selatan dengan menggunakan parameter kemiringan lereng, ketinggian lahan / elevasi , jenis tanah, penggunaan lahan, dan kerapatan sungai. Hasil penelitian menunjukkan wilayah Jakarta Selatan didominasi kelas cukup rawan hingga rawan banjir, dengan tingkat kerawanan tertinggi berada di Kecamatan Jagakarsa, Pasar Minggu, dan Cilandak. Faktor utama yang mempengaruhi kerawanan banjir adalah topografi datar, curah hujan tinggi, dominasi tanah aluvial, dan penggunaan lahan padat permukiman.

Penelitian terkait banjir di Kabupaten Pati telah dilakukan oleh Mayahati (2019) yang menganalisis tingkat kerawannya banjir menggunakan metode skoring dan *overlay* berbasis SIG dengan parameter curah hujan, penggunaan lahan, infiltrasi tanah, dan kemiringan lereng. Hasil penelitian menunjukkan sebagian besar wilayah Kabupaten Pati berada pada kelas kerawanan sedang, dengan faktor dominan penyebab banjir yaitu kemiringan lereng. Penelitian tersebut memberikan gambaran banjir pada skala wilayah administratif, namun belum menggambarkan banjir berdasarkan satuan wilayah hidrologis. Oleh karena itu, diperlukan penelitian banjir pada skala DAS.

Akan tetapi, penilaian kerawanan banjir belum pernah dilakukan di DAS Tayu. Berdasarkan informasi InaRISK BNPB, sebagian wilayah DAS Tayu termasuk dalam kategori bahaya banjir sedang hingga tinggi, terutama pada hilir dan dataran rendah yang berbatasan langsung dengan Laut Jawa. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini diharapkan menghasilkan peta tingkat kerawanan banjir DAS Tayu yang dapat mengidentifikasi wilayah rawan banjir sebagai dasar mitigasi dan perencanaan pengurangan risiko bencana. Selain menghasilkan peta kerawanan, penelitian ini juga membandingkan hasil pemetaan dengan titik – titik kejadian banjir pada tahun 2025. Perbandingan tersebut digunakan untuk menganalisis kesesuaian antara tingkat kerawanan yang dihasilkan dengan lokasi genangan

banjir yang terjadi, sehingga memberikan gambaran mengenai representasi hasil pemetaan terhadap kondisi banjir yang aktual.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat kerawanan banjir di DAS Tayu berdasarkan metode *Weighted Overlay*?
2. Bagaimana distribusi wilayah genangan banjir tahun 2025 berdasarkan kelas tingkat kerawanan banjir di DAS Tayu?
3. Bagaimana kesesuaian antara peta tingkat kerawanan banjir hasil metode *Weighted Overlay* dengan titik – titik kejadian banjir tahun 2025 berdasarkan studi literatur?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengidentifikasi tingkat kerawanan banjir di DAS Tayu berdasarkan metode *Weighted Overlay*.
2. Menganalisis distribusi wilayah genangan banjir tahun 2025 berdasarkan kelas tingkat kerawanan banjir di DAS Tayu.
3. Menganalisis kesesuaian antara peta tingkat kerawanan banjir hasil metode *Weighted Overlay* dengan titik – titik kejadian banjir tahun 2025 berdasarkan studi literatur.

1.4 Kegunaan Penelitian

a. Kegunaan Teoritis :

1. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah mengenai penerapan integritas spasial informasi geografis dengan metode pembobotan multi-kriteria dalam kerawanan banjir di wilayah DAS Tayu.

b. Kegunaan Praktis :

1. Menyediakan informasi berbasis data spasial (peta zonasi tingkat kerawanan banjir) yang akurat, peta tersebut dapat digunakan sebagai

bahan pertimbangan utama dan acuan dalam merumuskan kebijakan mitigasi, adaptasi banjir, dan pengembangan sistem peringatan dini.

2. Meningkatkan kesadaran dan pengetahuan masyarakat yang bermukim di DAS Tayu mengenai tingkat kerawanan wilayahnya, dan mendukung upaya pengurangan risiko bencana dan kesiapsiagaan mandiri.

1.5 Telaah Pustaka dan Penelitian Sebelumnya

1.5.1 Telaah Pustaka

1. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Definisi Daerah Aliran Sungai menurut Peraturan Pemerintah (2012) mendefinisikan area dataran yang merupakan kestauan antara sungai dengan anak – anak sungai yang secara alami menampung, menyimpang, dan mengalirkan air curah hujan ke danau atau ke laut, batas darat dan laut memisahkan wilayah perairan yang terpengaruh oleh aktivitas daratan.

Menurut Tanika dkk. (2016), berdasarkan luas wilayahnya, DAS dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu: DAS mikro, DAS meso, dan DAS makro dengan perbedaan karakteristik dalam menampung air. DAS berdasarkan pemisah topografi yang berfungsi sebagai pembagi alami arah aliran air. Batas DAS ditetapkan melalui analisis hidrologi menggunakan data *Digital Terrain Model* (DTM) dengan metode arah aliran (*flow direction*) dan akumulasi aliran (*flow accumulation*) untuk menghasilkan batas DAS bersifat perkiraan, kemudian diverifikasi menggunakan citra dan data lapangan hingga didapatkan batas DAS *definitif* kemudian ditetapkan secara resmi sesuai peraturan perundang – undangan (Kementrian Kehutanan, 2013).

Berdasarkan posisinya, DAS dibagi menjadi tiga wilayah, yaitu :

1. Bagian hulu dengan kerapatan drainase tinggi dan kemiringan lebih dari 15%, hulu memiliki sungai kecil dengan banyak cabang dan berbatu.

2. Bagian tengah yang memiliki kemiringan antara 8 – 15 % dan tingkat kerapatan drainase sedang. Apabila bagian hulu mengalami perubahan, bagian tengah DAS digunakan untuk mengangkut sedimen dan unsur hara. Sungai di bagian tengah lebih lebar dibandingkan dengan bagian hulu, namun lebih sempit dibandingkan dengan bagian hilir.

Tabel 1. 1 Klasifikasi DAS berdasarkan luas wilayah

Kelompok	Deskripsi	Luas wilayah	Karakteristik
DAS mikro	Wilayah tangkapan air terdiri dari beberapa anak sungai	5-100 km ²	DAS sangat sensitif terhadap curah hujan tinggi dengan waktu singkat.
DAS meso	Wilayah tangkapan air terdiri dari beberapa anak sungai dan gabungan dari DAS mikro	100-500 km ²	Bentuk dan pola drainase sangat berpengaruh pada DAS makro
DAS makro	Gabungan DAS meso, memiliki wilayah tangkapan air masuk ke dalam sungai utama	>500 km ²	Jaringan sungai sudah terbentuk, sehingga kapasitas penyimpanan air menjadi lebih dominan, salah satu kedalannya yaitu kurangnya partisipasi masyarakat dalam pengelolaan DAS.

Sumber : (Tanika dkk., 2016)

- Fungsi hidrologi DAS

Menurut van Noordwijk dkk. (2004) fungsi hidrologi DAS mencakup tiga hal:

1. Mempertahankan kualitas
 - Mengalirkan air

- Menyangga kejadian puncak hujan
 - Melepas air
2. Mempertahankan kuantitas air
 3. Mempertahankan kestabilan tanah

Faktor hidrologi DAS dipengaruhi oleh : (a) perubahan iklim, (b) perubahan penggunaan lahan, dan (c) aktivitas manusia. Ketiga faktor tersebut akan mempengaruhi kondisi DAS dengan ditandainya perubahan kualitas dan kuantitas air. Perubahan kualitas dan kuantitas akan mempengaruhi ketersediaan air.



Gambar 1. 2 Faktor - faktor fungsi hidrologi DAS

Sumber : (Tanika dkk., 2016)

A. Perubahan iklim

Iklim merupakan pola cuaca jangka panjang disuatu daerah tertentu. Cuaca dapat berubah setiap waktunya, pola cuaca pada suatu daerah bisa dilacak selama 30 tahun kemudian dianggap sebagai iklim. Iklim ditentukan oleh 5 faktor : atmosfer, hidrosfer, kriosfer, permukaan tanah, dan biosfer (NatGeo, 2025).

Perubahan curah hujan dan pemanasan global merupakan bagian dari perubahan iklim, berdampak langsung dalam siklus hidrologi seperti, adanya perubahan ketersediaan air akibat

kekeringan, kenaikan *temperatur*, bertambahnya frekuensi dan intensitas banjir dipicu siklon tropis (Bates dkk., 2008).

B. Aktivitas manusia dalam pengolahan lahan

Menurut Guo dkk. (2008) siklus hidrologi akan dipengaruhi oleh perubahan tutupan lahan melalui proses infiltrasi, intersepsi, dan evapotranspirasi yang dilakukan oleh vegetasi. Sebagai contoh, mengubah tutupan lahan hutan menjadi tanaman semusim akan mengurangi kapasitas infiltrasi, intersepsi, dan evapotranspirasi. Karena adanya perubahan, jumlah curah hujan yang langsung ke permukaan tanah dan membentuk aliran permukaan meningkat, yang menimbulkan potensi banjir dan erosi.

C. Aktivitas manusia dalam pengelolaan sumber daya air

Permukiman di bantaran sungai akan menyebabkan limbah rumah tangga yang langsung masuk ke sungai, dan penggunaan pestisida dan pupuk kimia yang berlebihan di lahan dekat air sumber air. Kegiatan manusia yang tidak ramah lingkungan akan mengurangi fungsi hidrologi DAS (Tanika dkk., 2016).

- Pengelolaan DAS

Menurut Heruman (1979) pengelolaan terpadu berarti menciptakan hubungan antara tujuan dan berbagai sistem manajemen sumber daya alam. Dalam situasi dimana ada banyak pengelola yang bekerja sama untuk mengelola suatu item, masing – masing pengelola memilih mana yang relevan dan paling penting untuk item tersebut. Selain itu, keterpaduan dalam kegiatan harus menghasilkan : 1) koordinasi dengan pengelola objek yang saling terkait dalam suatu sistem untuk mencapai tujuan yang sama, 2) koordinasi semua upaya yang berkaitan dengan penataan, pemeliharaan, pengawasan, dan pengendalian pengembangan didasarkan pada elemen yang berakibat dari objek yang dikelola.

Menurut Noor Anna dkk. (2017) DAS merupakan faktor penentu kondisi sumberdaya air disuatu wilayah, sehingga menimbulkan potensi dampak yang besar mengenai ketahanan pangan. Pengelolaan DAS di Indonesia telah lama diperkenalkan sejak jaman Belanda, terutama dalam praktik pengelolaan hutan, pembagian – pembagian daerah hutan diatur berdasarkan satuan DAS. Tujuan pengelolaan DAS pada dasarnya pemanfaatan sumber daya alam yang berkelanjutan (*sustainable*) tidak membahayakan lingkungan.

2. Banjir

Banjir terjadi ketika debit aliran air sungai meningkat drastis melebihi batas normal akibat hujan deras yang terus – menerus di hulu atau suatu wilayah. Peningkatan volume air akan menyebabkan sungai tidak mampu menampung aliran yang ada, sehingga air akan meluap dan menggenangi daerah sekitarnya (Ningrum & Ginting, 2020) . Menurut Razikin dkk. (2017) banjir dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti :

- Faktor manusia : perubahan tata guna lahan, pembuangan sampah sembarangan, kawasan kumuh atau pemukiman di sepanjang sungai, perancangan sistem banjir yang kurang tepat.
- Faktor alam : curah hujan, topografi, sedimentasi, geofisik sungai, kapasitas sungai, drainase yang kurang memadai, penurunan tanah, kerusakan bangunan pengendali air, dan sebagainya.

A. Jenis – jenis banjir

Mengutip pusat kritis Kementrian Kesehatan RI (2016), banjir diklasifikasikan menjadi lima kategori :

- Banjir rob (banjir laut air pasang)

Banjir rob terjadi ketika air laut pasang menekan lajur air sungai, menyebabkan air sungai menggenangi daratan dan dapat membuat tanggul jebol.

- Banjir Bandang

Banjir bandang adalah banjir paling berbahaya, karena efeknya yang mengeringkan dan sering menyebabkan kematian. Banjir bandang bukan hanya mengangkut air, tetapi juga menangkut lumpur dan material lainnya. Deforestasi yang melanda wilayah pegunungan menyebabkan banjir bandang. Banjir bandang dapat membawa bantuan dan pohon tumbang berukuran besar yang menghancurkan bangunan dan pemukiman, dapat menyebabkan kematian.

- Banjir Air

Banjir air adalah jenis banjir yang paling umum yang disebabkan oleh luapan air dari sungai, danau, atau selokan karena curah hujan yang sangat tinggi dan berlangsung lama. Akibatnya, sistem penampungan air tidak dapat menampung volume air yang masuk, sehingga air meluber ke permukaan.

- Banjir Lumpur

Banjir lumpur dan banjir memiliki ciri – ciri yang sama, namun banjir lumpur berasal dari dalam bumi dan tidak akan mengenai daratan, lumpur yang dibawa berisi gas yang sangat berbahaya.

- Banjir Cileunang

Banjir cileunang serupa dengan banjir air, namun disebabkan oleh hujan yang deras. Karena intensitas hujan yang tinggi, debit air meningkat dengan cepat dan tidak terkendali, dan menyebabkan banjir cileunang.

B. Faktor penyebab banjir

Menurut Kodoatie & Sugiyanto (2002), faktor penyebab terjadinya banjir diklasifikasikan menjadi 2 kategori, yaitu faktor alami dan faktor manusia. Faktor alami disebabkan oleh curah hujan, fisiografi, erosi, sedimentasi, kapasitas sungai, kapasitas drainase, dan pengaruh air pasang. Sebaliknya faktor manusia

seperti aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan lingkungan, seperti : adanya kawasan permukiman di sekitar bantaran sungai, rusaknya hutan, rusaknya drainase lahan, perubahan kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS), kerusakan bangunan pengendali banjir, perencanaan sisimis yang kurang tepat.

Sejalan dengan pendapat Kodoatie & Sugiyanto (2002), PERKA BNPB (2012) menjelaskan banjir dipengaruhi oleh kombinasi faktor alam dan aktivitas manusia. Faktor alam meliputi curah hujan dengan intensitas tinggi dan durasi lama, kondisi topografi dataran rendah, serta terbatasnya kapasitas sungai dalam menampung debit air. Kemudian, faktor lingkungan seperti kerusakan DAS, berkurangnya tutupan vegetasi, dan sedimentasi sungai dapat meningkatkan potensi banjir. Faktor non-alam atau aktivitas manusia yang berkontribusi penyebab banjir yaitu alih fungsi lahan, pembangunan di sempadan sungai, sistem drainase yang tidak memadai, dan pengelolaan sampah yang buruk. Kombinasi faktor – faktor tersebut dapat meningkatkan ancaman banjir pada suatu wilayah.

3. Ancaman, Kerawanan, Kerentanan, Kapasitas, & Risiko

- **Anacaman**

Menurut BNPB (2012), ancaman adalah kemungkinan bencana yang akan terjadi disuatu tempat dalam waktu tertentu. Acaman dapat ditentukan oleh kemungkinan dan tingkat kejadian, yang menimbulkan kerusakan lingkungan, kerungian harta benda, dan dapat menyebabkan kematian.

- **Kerawanan**

Menurut UU Nomor 24 Tahun 2007 kerawanan didefinisikan sebagai kondisi atau karakteristik hirdologis, geografis, klimatologis, sosial, budaya, politik, ekonomi, dan teknologi pada suatu wilayah yang dapat menguriangi kemampuan suatu

wilayah untuk menanggapi dampak buruk dari bahaya. Untuk menghitung skalabilitas, tingkat kerawanan digunakan untuk menentukan seberapa besar atau kecil kemungkinan suatu wilayah dalam menghadapi bencana, serta menghitung jumlah korban dan kerugian yang akan timbul. Pengukuran didasarkan pada kombinasi tingkat kerawanan alami dan akibat manusia.

- Kerentanan

Kerentanan merupakan kondisi suatu komunitas atau masyarakat yang menyebabkan dan mengarah ketidakmampuan dalam menghadapi ancaman bahaya. Menurut Badan Koordinasi Nasional Penanganan Bencana (2007), Kerentanan dibagi menjadi beberapa bagian, seperti :

- a. Kerentanan fisik

Suatu kondisi infrastruktur yang rentan terhadap faktor bahaya tertentu disebut kerentanan fisik. Kerentanan dilihat dari berbagai indikator, seperti kepadatan bangunan, jaringan telekomunikasi, jaringan PDAM, jaringan kereta api, rasio panjang jalan, dan persentase bangunan konstruksi darurat .

- b. Kerentanan sosial

Kerentanan sosial memvisualisasikan kondisi tingkat kerapuhan sosial dalam mengatasi bahaya (*hazard*). Jika terjadi bencana dipastikan akan menimbulkan dampak kerugian yang besar, terdapat indikator kerentanan sosial seperti : laju pertumbuhan penduduk, kepadatan penduduk, persentase penduduk usia tua – balita dan penduduk wanita.

- c. Kerentanan ekonomi

Kerentanan ekonomi digambarkan suatu kondisi tingkat kerapuhan ekonomi dalam menghadapi ancaman bahaya (*hazard*), berikut beberapa indikator kerentanan :

persentase rumah tangga yang bekerja di sektor rentan dan persentase rumah tangga miskin.

- Kapasitas

Menurut BNPB (2012), Kapasitas merupakan kemampuan daerah dan masyarakat untuk menangani tindakan pengurangan tingkat ancaman dan tingkat kerugian akibat bencana, baik melalui kesiapsiagaan, kelembagaan, regulasi, sumber daya, dan sistem penanggulangan bencana yang berpotensi di wilayah tersebut.

- Risiko bencana

Risiko bencana merupakan interaksi antara tingkat kerentanan daerah dengan ancaman bencana (*hazard*) yang ada. Ancaman bahaya alam akan bersifat tetap, karena dari bagian dinamika proses alami pembangunan atau pembentukan muka bumi dari tenaga internal maupun eksternal. Sedangkan kerentanan daerah dapat diminimalisir, sehingga kemampuan dalam menghadapi ancaman akan meningkat.

Risiko dapat dirumuskan sebagai berikut :

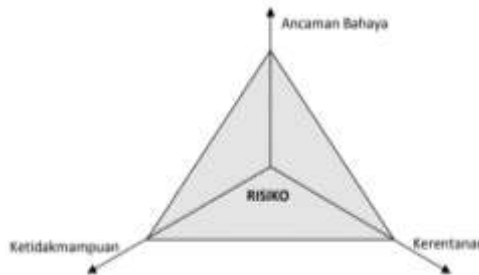
$$\text{Risk (R)} = H \times V \quad (1)$$

Keterangan : R : *Risk* (risiko bencana)

H: *Hazard* (bahaya)

V : *Vulnerability* (kerentanan)

Visualisasi ketiga variabel tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. 3 Konsep Risiko

Sumber : (Badan Koordinasi Nasional Penanganan Bencana, 2007)

Dalam hal ini, bahaya mengacu pada potensi yang terjadinya suatu peristiwa baik dari alam maupun aktivitas manusia di suatu daerah. Kerentanan menunjukkan seberapa rentan masyarakat terhadap ancaman tersebut. Sementara itu, ketidakmampuan mencerminkan keterbatasan upaya atau kapasitas yang tersedia untuk meminimalkan korban jiwa maupun kerusakan. Semakin tinggi bahaya, kerentanan dan ketidakmampuan, semakin besar risiko bencana yang dihadapi.

4. Sistem Informasi Geografis (SIG)

SIG atau Sistem Informasi Geografi merupakan sistem komputer yang mengumpulkan, menyimpan, mengolah, menganalisis, dan menampilkan semua bentuk informasi yang memiliki spasial atau referensi geografis. Sedangkan menurut Arron (1988), SIG adalah sistem yang didasarkan pada kinerja komputer yang mampu memasukan, mengelola, memanipulasi, dan menganalisis data informasi geografis.

Sistem Informasi Geografis dibagi menjadi dua kelompok yaitu; sistem otomatis (digital komputer), dan sistem manual (analog). Terdapat perbedaan yang sangat nyata, yaitu bagaimana itu digunakan. Untuk mengelola sistem manual, menggunakan tumpeng susun peta secara fisik digunakan untuk

mengaabungkan beberapa informasi seperti peta cetak, foto udara dan laporan statistik, metode tersebut memakan waktu lebih lama. Sistem digital menggunakan komputer sebagai sistem pengolahan data melalui digitasi, sumber data yang digunakan seperti satelit, *shapefile*, foto udara, dan data lainnya sebagai peta dasar.

- Subsistem SIG

SIG memiliki beberapa subsistem utama, yaitu subsistem *input data*, *output data*, *management data*, manipulasi data, dan analisis. Penjelasan mengenai subsistem sebagai berikut:

- a. *Input data* : bertugas sebagai mengumpulkan data dan mempersiapkan data spasial sebagai sumber. Subsistem ini bertanggung jawab untuk mengubah format data asli ke format yang dapat digunakan dalam SIG.
- b. *Output data* : berperan dalam menampilkan atau menghasilkan luaran data, baik dalam digital maupun cetak. Seperti tabel, grafik, peta.
- c. *Management data* : mengatur data spasial dan data atribut dalam suatu basis data sehingga mudah diakses, diperbarui, dan diedit sesuai kebutuhan.
- d. Manipulasi data : menentukan jenis informasi yang dalam dihasilkan oleh SIG. Selain itu, dapat melakukan manipulasi dan pemodelan data sesuai informasi yang dibutuhkan.

- Komponen SIG

Komponen SIG meliputi :

- a. Perangkat keras (*hardware*) : laptop, Pc *desktop*, *workstation*.
- b. Perangkat lunak (*software*) : aplikasi SIG
- c. User
- d. Data dan informasi geografi

e. Manajemen

- Model data dalam SIG

Terdapat dua jenis data utama yang digunakan, yaitu data raster dan data vektor :

a. Data raster

Representasi data spasial dalam bentuk pixel atau grid, setiap piksel mewakili informasi tertentu, seperti ketinggian, warna dan suhu. Data raster biasanya berbentuk citra, foto udara, dan *digital elevasi model* (DEM).

b. Data vektor

Merepresentasikan data spasial menggunakan garis, titik, dan polygon. Setiap data memiliki koordinat dan dapat menyimpan atribut tambahan mengenai informasi yang lebih detail.

5. *Weighted Overlay*

Metode *Weighted overlay* merupakan analisis data spasial menggunakan teknik overlay beberapa peta yang saling berkaitan dengan faktor yang mempengaruhi terhadap penilaian suatu kerentan. *Weighted overlay* merupakan salah satu *tools* yang ada di ArcGIS yang mengkombinasikan beberapa input dalam bentuk peta grid dengan pembobotan. Penggunaan metode ini menggunakan data raster, kemudian dilakukan skoring dan pembobotan setiap pixel. *Overlay* raster menggunakan skala pengukuran umum dan pembobotan sesuai dengan kepentingannya, dalam penggunaan *weighted overlay* raster harus berbentuk integer. Raster *floating-point* harus dikonversi ke raster bilangan bulat sebelum melakukan *weighted overlay*. Setiap raster diberi bobot dan dinyatakan sebagai persentase kepentingannya dan jumlah persentase bobot harus 100 (Fahrurnisa dkk., 2016).

6. Google *Earth Engine*

Google *Earth Engine* (GEE) merupakan platform komputasi cloud untuk analisis dan pemetaan data geospasial, dan memungkinkan pengguna mengakses dan menganalisis citra satelit dari berbagai sumber seperti Landsat, Sentinel, MODIS. GEE dapat digunakan untuk pengolahan skala lokal, regional, dan global (Latue dkk., 2023). Salah satu pemanfaatan GEE dalam pemetaan banjir menggunakan Sentinel-1 SAR, penelitian untuk melacak banjir di Delta Mekong Cina. Penelitian tersebut dilakukan untuk pengembangan sistem bantuan profesional untuk memantau banjir di Delta Mekong, hasilnya memberikan gambar lebih bagus terkait banjir dan mengoptimalkan perencanaan yang lebih baik untuk mitigasi, adaptasi, dan menghadapi bencana banjir (Nghia Quoc dkk., 2022).

1.5.2 Penelitian Sebelumnya

Tabel 1. 2 Ringkasan Penelitian Sebelummnya

Nama Penelitian	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
Tarkono dkk. (2021)	Pemetaan Daerah Potensi Rawan Banjir Dengan Sistem Informasi Geografi Metode <i>Weighted Overlay</i> Di Kelurahan Keteguhan	Meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya mitigasi bencana mulai dari pra bencana sebagai cara untuk menghadapi bencana banjir dan meminimalkan kerugian.	<i>weighted overlay</i>	Parameter yang digunakan untuk peta potensi banjir : peta jenis tanah, peta kemiringan lereng, peta ketinggian lahan, peta curah hujan, peta <i>buffer</i> sungai, dan peta penggunaan lahan. Tingkat kerawanan banjir daerah teguhan berdasarkan luas areanya, kategori aman di angka 44.6 % , kategori tidak rawan di angka 30.01 % , kategori rawan di angka 20.27%, dan kategori sangat rawan di angka 5.12%. Hasil saat survei di area sungai terdekat, terdapat perbedaan elevasi antara elevasi antara cabang anak sungai utama dan area sungai dekat mushola. Hal tersebut mempengaruhi daya tampung air saat tingginya curah hujan.
Yulaichah dkk. (2025)	Pemetaan Daerah Rawan Banjir Dengan Menggunakan Metode <i>Weighted Overlay</i>	Menganalisis faktor – faktor yang mempengaruhi kerawanan banjir di Kota Malang dan menyusun peta zonasi risiko yang	<i>weighted overlay</i>	67,22 % Kota Malang berada dalam kategori kerawanan tinggi. Kecamatan padat penduduk berada di zona tersebut, seperti Kecamatan Klojen, Kecamatan

	Studi Kasus Kota Malang	mengelompokkan wilayah kedalam kategori rendah, sedang, dan tinggi.		Blimbing, Kecamatan Sukun, dan Kecamatan Lowokwaru. Wilayah yang berada di kategori kerawanan sedang (29,19%), berada di pinggiran kota jauh dari aktivitas perkotaan. Wilayah tersebut masih mempunyai ruang terbuka hijau yang berfungsi sebagai resapan air kedalam tanah dan meminimalisir adanya genangan air. Wilayah dengan kategori kerawanan rendah (3,59%) berada di perbatasan perdesaan. Daerah pedesaan umumnya masih memiliki tutupan vegetasi yang sangat luas, penggunaan lahan belum terlalu banyak, serta sistem drainase yang sangat baik. Faktor utama yang mempengaruhi kerawanan banjir meliputi curah hujan tinggi, jenis tanah dengan resapan rendah, penggunaan lahan yang tidak optimal, kemiringan lereng, ketinggian lahan rendah, dan dekatnya jarak dengan sungai utama.
Saputra dkk. (2020)	Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir Pada Ruas Bekas	Mengetahui tingkat kerawanan banjir di kawasan sekitar ruas bekas	Skoring dan pembobotan	Tingkat kerawanan banjir di wilayah penelitian ditentukan berdasarkan enam parameter, yaitu curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah, penggunaan lahan,

	Sungai Di Kabupaten Sukoharjo	sungai Kabupaten Sukoharjo		elevasi, dan jarak wilayah terhadap sungai (buffer). Seluruh parameter tersebut dilakukan proses skoring dan pembobotan, kemudian ditumpang susunkan (overlay) untuk memperoleh zonasi tingkat kerawanan banjir. Hasil analisis menunjukkan bahwa wilayah penelitian terbagi menjadi tiga kelas kerawanan banjir, yaitu kerawanan rendah, sedang, dan tinggi. Kelas kerawanan rendah memiliki luas 110,14 ha atau sebesar 66,7% dari total wilayah penelitian, kelas kerawanan sedang seluas 45,83 ha atau 27,75%, sedangkan kelas kerawanan tinggi seluas 9,16 ha atau 5,55%. Distribusi tingkat kerawanan tersebut menunjukkan bahwa wilayah dengan kerawanan tinggi terutama berada pada jarak 0–25 meter dari ruas bekas sungai dan didominasi oleh penggunaan lahan permukiman. Sementara itu, wilayah dengan kerawanan sedang berada pada jarak 25–50 meter dari ruas bekas sungai dengan penggunaan lahan berupa permukiman dan tegalan. Adapun wilayah dengan kerawanan rendah umumnya berada pada
--	-------------------------------	----------------------------	--	--

				jarak lebih dari 75 meter dari ruas bekas sungai. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jarak terhadap sungai menjadi salah satu faktor yang berpengaruh terhadap tingkat kerawanan, di mana wilayah yang berada lebih dekat dengan alur sungai memiliki potensi kerawanan banjir yang lebih tinggi.
Hanum dkk. (2024)	Analisis Tingkat Kerawanan Banjir di Sub DAS Opak menggunakan metode <i>weighted Overlay</i>	Mengetahui distribusi kerawanan banjir dan melakukan analisis pada faktor – faktor penyebabnya.	<i>weighted overlay</i>	Sub DAS Opak memiliki tingkat kerawanan banjir kategori sedang dan memiliki luas sekitar sepertiga hingga setengah dari total luasnya. Sebagian besar tingkat kerawanan banjir kategori tinggi, kemiringan lereng yang relatif datar hingga landai mempengaruhi kondisi kerawanan banjir tinggi yang memungkinkan limpasan air permukaan dari area yang lebih tinggi untuk membentuk genangan. Selain itu, penggunaan lahan sebagai permukiman dapat meningkatkan limpasan air permukaan (<i>run off</i>) karena air resapan yang lebih kecil untuk melakukan proses infiltrasi. Tingkat kerawanan banjir tinggi di beberapa daerah dengan lahan non-permukiman disebabkan jenis tanah

				dengan latosol yang memiliki kemampuan infiltrasi yang rendah.
Hasan & Setyaningrum (2023)	Pemberdayaan Penanganan Banjir Di Desa Dororejo Kecamatan Tayu Kabupaten Pati	Mengetahui bagaimana pemberdayaan penanganan banjir di Desa Dororejo	Kuantitatif dengan pendekatan deskriptif	Penelitian ini mengungkapkan bahwa banjir Di Desa Dororejo hampir tiap tahun terjadi, banjir tersebut merupakan banjir kiriman akibat curah hujan tinggi di daerah hulu yang menyebabkan jebolnya tanggul sungai. Memiliki topografi dataran rendah dan cekung, saluran air yang kecil, dekatnya wilayah dengan laut membuat desa tersebut rawan terjadinya banjir. Dampak yang dirasakan masyarakat yaitu kerusakan lahan pertanian dan tambak, menyebabkan hilangnya pendapatan ekonomi, dan terganggunya aktivitas sosial. Pemberdayaan masyarakat melibatkan berbagai pihak, seperti warga, pemerintah desa, dan relawan. Masyarakat sangat berperan aktif dalam kegiatan kebersihan lingkungan, edukasi terkait kesiapsiagaan, dan proses penanggulangan banjir. Pemerintahan desa melakukan tindakan struktural dengan pembuatan tanggul, normalisasi sungai, pembuatan saluran air, dan pengerukan dasar sungai, serta

				penanganan darurat melalui distribusi logistik dan bantuan sosial. Tim relawan membantu dalam koordinasi bantuan dan pemenuhan dasar, seperti penyediaan dapur umum. Penelitian ini juga mengungkapkan bahwa penanggulangan banjir masih belum optimal karena kurangnya koordinasi antara pemerintah, masyarakat, dan relawan.
Nuria & Muktiali (2024)	Ketahanan Masyarakat Terhadap Banjir Pada Permukiman Rawan Banjir di Kecamatan Juwana	Menganalisis ketahanan masyarakat Desa Doropayung, Desa Mintomulyo, dan Desa Kedung Pancing terhadap bencana banjir	Kuantitatif	Penelitian ini menunjukkan tingkat ketahanan masyarakat terhadap banjir di kategori sedang dengan skor 0,57. Tingkat ketahanan tersebut diperoleh dari penilaian lima dimensi (sosial, fisik, kesiapsiagaan, dan lingkungan) menggunakan metode <i>Resilience Radar Index (RRI)</i> . Dimensi sosial dan kesiapsiagaan berkontribusi paling tinggi terhadap ketahanan masyarakat dengan skor ,63 & 0,61. Hal tersebut dipengaruhi oleh mayoritas penduduk berada di kelompok produktif dan telah menetap atau tinggal di wilayah tersebut selama 20 – 30 tahun, sehingga memiliki pemahaman dan

				pengalaman dalam mengatasi banjir tahunan. Pada dimensi fisik, lingkungan, dan ekonomi di kategori sedang. dimensi ekonomi memiliki skor paling rendah dan dapat memperlemah ketahanan yang lainnya. Diperlukan peningkatan infrastruktur, pemberdayaan ekonomi, dan penguatan partisipasi sosial untuk mencapai ketahanan lebih baik.
--	--	--	--	--

1.6 Kerangka Penelitian

Banjir merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di wilayah DAS yang dipengaruhi beberapa faktor. DAS Tayu masuk dalam wilayah yang memiliki potensi kerawanan banjir karena kondisi fisik saling mempengaruhi. Dalam Upaya mengurangi Risiko dan dampak banjir, maka diperlukan pendekatan yang mampu mengidentifikasi kerawanan banjir secara spasial, oleh karena itu penelitian ini memanfaatkan sistem informasi geografis berbasis multi parameter



Gambar 1. 4 Kerangka penelitian

1.7 Batasan Oprasional

- DAS : wilayah tangkapan air penelitian yang dibatasi secara hidrologis.
- Banjir : luapan air sungai akibat debit air melebihi kapasitas tampung (Ningrum & Ginting, 2020).
- Kerawanan banjir : tingkat potensi suatu wilayah terdampak banjir.
- *weighted overlay* : metode analisis SIG yang menggabungkan beberapa parameter dengan mempertimbangkan bobot kepentingan tiap parameter untuk menghasilkan satu peta (**Tarkono dkk., 2021**)